

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кубанский государственный технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КубГТУ»)

Институт «Нефти, газа и энергетики»,
кафедра «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»

**RESEARCH.
ENGINEERING.
EXTREME.
2021**

**Материалы
Международной научно-практической конференции**

(03 июня 2021 года)

Сборник статей

Краснодар
2021

УДК 62-4/-9/622+553+66+377/378

ББК 33.36+31.15/31.2+35.50/35.61+26.30/26.34+74.4

P43

P43 **Research. Engineering. Extreme. 2021** : материалы Международной научно-практической конференции (03 июня 2021 года). Сборник статей / ФГБОУ ВО «Кубан. гос. технол. ун-т»; Институт «Нефти, газа и энергетики», кафедра «Оборудование нефтяных и газовых промыслов». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – 422 с.

ISBN 978-5-91718-670-2

Настоящее издание содержит научные статьи участников Международной научно-практической конференции «Research. Engineering. Extreme. 2021», организованной Кубанским государственным технологическим университетом на базе кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов» института «Нефти, газа и энергетики» 03 июня 2021 года.

Статьи участников посвящены фундаментальным основам для создания новых технологий разработки и эксплуатации нефтегазовых месторождений, добычи, транспортировки, переработки и хранения углеводородного сырья, ресурсосберегающих и экологически чистых технологий, результатам исследовательских и научно-прикладных работ по широкому кругу вопросов, а также актуальным вопросам и проблемам освоения углеводородного потенциала России.

Адресуется научным и практическим работникам, преподавателям, аспирантам и студентам.

ББК 33.36+31.15/31.2+35.50/35.61+26.30/26.34+74.4

УДК 62-4/-9/622+553+66+377/378

ISBN 978-5-91718-670-2

© Коллектив авторов, 2021

© ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2021

© Оформление ООО «Издательский Дом – Юг», 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	12
Аванесов А.С., Кондауров Я.А., Шиян С.И., Нишнианидзе С.И. Анализ разработки Лугинецкого нефтегазоконденсатного месторождения	13
Avanesov A.S., Kondaurov Ya.A., Shiyan S.I., Nishnianidze S.I. Analysis of development of the Luginetsky oil and gas condensate field	
Ашуров А.Д., Храпай Д.С., Шиян С.И. Этапы формирования фонда одновременно-раздельной эксплуатации скважин на Алексеевском месторождении	21
Ashurov A.D., Khrapai D.S., Shiyan S.I. Stages of fund formation simultaneous separated operation of wells at alekseevsky deposit	
Владимиров А.В., Шиян С.И., Бездудный И.Е., Суховерова П.А., Косова Д.А. Сущность и условия периодической эксплуатации скважин на месторождениях России	27
Vladimirov A.V., Shiyan S.I., Bezudny I.E., Sukhoverova P.A., Kosova D.A. The essence and conditions of periodic well operation in the fields of Russia	
Головко А.В. Благотворительность периода Первой мировой войны	33
Golovko A.V. Charity during the First World War	
Гудза И.В., Коваленко А.В., Чубырь Н.О., Письменский А.В. Теоретическая вольтамперная характеристика переноса ионов бинарной соли в сечении канала обессоливания с учетом некаталитической реакции диссоциации/рекомбинации	35
Gudza I.V., Kovalenko A.V., Chubyr N.O., Pismenskiy A.V. Theoretical current-voltage characteristic of the transport of binary salt ions in the cross-section of the desalination channel, taking into account the non-catalytic dissociation/recombination reaction	
Иноземцев Д.А., Величко Е.И., Музыкантова А.В., Слепцов А.А. Применение мягких резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов	40
Inozemtsev D.A., Velichko Ye.I., Muzykantova A.V., Sleptsov A.A. Application of flexible tanks for storage of oil and oil products	
Иноземцев Д.А., Ковалева С.С. Трубы большого диаметра с высокой деформационной способностью	43
Inozemtsev D.A., Kovaleva S.S. Large diameter pipes with high deformation capacity	
Иноземцев Д.А., Апаньева Д.Р. Применение систем сглаживания волн давления	46
Inozemtsev D.A., Apanaeva D.R. Application of pressure wave smoothing systems	

Иноземцев Д.А., Величко Е.И., Музыкантова А.В., Кесова Е.Ф., Слепцов А.А. Распространенные технические решения для обеспечения контроля в зонах повышенной сейсмической активности	49
Inozemtsev D.A., VelichkoYe.I., Muzykantova A.V., Kesova E.F., Sleptsov A.A. Common technical solutions for monitoring in areas of increased seismic activity	
Иноземцев Д.А., Величко Е.И., Музыкантова А.В., Кесова Е.Ф., Слепцов А.А. Распространенные технические решения для обеспечения устойчивости нефтепровода при воздействии на него сейсмических нагрузок	54
Inozemtsev D.A., VelichkoYe.I., Muzykantova A.V., Kesova E.F., Sleptsov A.A. Common technical solutions for ensuring the stability of an oil pipeline when exposed to seismic loads	
Иноземцев Д.А., Величко Е.И., Музыкантова А.В., Кесова Е.Ф., Слепцов А.А. Мембранная технология подготовки газа	59
Inozemtsev D.A., VelichkoYe.I., Muzykantova A.V., Kesova E.F., Sleptsov A.A. Membrane gas treatment technology	
Иноземцев Д.А., Величко Е.И., Музыкантова А.В., Кесова Е.Ф., Слепцов А.А. Применение вихретокового контроля в нефтегазовой отрасли	62
Inozemtsev D.A., VelichkoYe.I., Muzykantova A.V., Kesova E.F., Sleptsov A.A. Application of eddy current control in the oil and gas industry	
Иноземцев Д.А., Степанов М.С., Колесник И.А. Анализ современных автоматизированных систем диагностирования технического состояния ГПА	66
Inozemtsev D.A., Stepanov M.S., Kolesnik I.A. Analysis of modern automated systems for diagnosing the technical condition of the GPA	
Казаковцева Е.В., Коваленко А.В., Евдоченко Е.Н. 3D математическая модель переноса ионов 1 : 1 соли	70
Kazakovtseva E.V., Kovalenko A.V., Evdochenko E.N. 3D mathematical model of transfer of 1 : 1 ion of salt	
Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А., Абдуллаев М.Н. Влияние вибраций на МНА. Методы борьбы с ними	79
Kesova E.F., Inozemtsev D.A., Abdullaev M.N. The effect of vibrations on MNA. Methods of dealing with them	
Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А., Абдуллаев М.Н. Защита внутренних стальных поверхностей резервуаров	83
Kesova E.F., Inozemtsev D.A., Abdullaev M.N. Protection of internal steel surfaces of tanks	
Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А., Абдуллаев М.Н. Способы утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ)	87
Kesova E.F., Inozemtsev D.A., Abdullaev M.N. Methods of utilization of associated petroleum gas (APG)	
Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А., Абдуллаев М.Н. Неуравновешенность ротора электродвигателя	91
Kesova E.F., Inozemtsev D.A., Abdullaev M.N. Unbalance of the motor rotor	

Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А., Абдуллаев М.Н. Выбор материалов для нефтегазового производства	95
Kesova E.F., Inozemtsev D.A., Abdullaev M.N. Selection of materials for oil and gas production	
Климов В.В., Арестенко Ю.П., Усов С.В., Лешкович Н.М. Новые направления диагностики магистральных нефтегазопроводов. Проблемы и решения	100
Klimov V.V., Arrestenko Yu.P., Usov S.V., Leshkovich N.M. New directions in diagnostics of main oil and gas pipelines. Problems and solutions	
Кононов Е.С., Столбов В.Н., Шиян С.И., Трусков И.С., Ханджян Л.А. Перспективы развития технологий одновременно-раздельной эксплуатации скважин	110
Kononov E.S., Stolbov V.N., Shiyan S.I., Truskov I.S., Khanjyan L.A. Prospects for the development of technologies for simultaneous-separate well operation	
Корсак М.В., Шиян С.И., Суховерова П.А., Бездудный И.Е., Гузеева Е.В. Современный опыт применения периодической эксплуатации скважин	117
Korsak M.V., Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Bezdudniy I.E., Guzeeva E.V. Modern experience in the application of periodic well operation	
Косова Д.А., Шиян С.И., Шаблий И.И. Современное состояние проблемы утилизации нефтесодержащих отходов	124
Kosova D.A., Shiyan S.I., Shabliy I.I. Current state of disposal problems oil-containing waste	
Крылов К.А., Владимиров А.В., Шиян С.И., Муравлёва М.В., Кондауров Я.А., Сабайдаш М.Л. Осложнения при периодической эксплуатации скважин	133
Krylov K.A., Vladimirov A.V., Shiyan S.I., Muravleva M.V., Kondaurov Y.A., Sabaidash M.L. Complications during periodic well operation	
Ладенко А.А., Захаров А.О. Совершенствование техники и технологии эксплуатации и ремонта наземного оборудования транспорта и хранения, добычи нефти	140
Ladenko A.A., Zakharov A.O. Improvement of technology and technology of operation and repair of ground equipment for transportation and storage, oil production	
Ладенко А.А., Захаров А.О. Оптимизация процессов разработки нефтяного месторождения с решением вопроса эксплуатации и ремонта нефтепромыслового оборудования	145
Ladenko A.A., Zakharov A.O. Optimization of oil field development processes with the solution of the issue of operation and repair of oilfield equipment	
Ладенко А.А., Киракосян Г.А. Удаление асфальтосмолопарафиновых и минеральных отложений при ремонте нефтепромыслового оборудования	150
Ladenko A.A., Kirakosyan G.A. Removal of asphalt-plastic araffin and mineral deposits during the repair of oilfield equipment	

Ладенко А.А., Ладенко Н.В. Потребители электрической энергии в нефтегазовой промышленности	157
Ladenko A.A., Ladenko N.V. Consumers of electric energy in the oil and gas industry	
Литвинов В.А., Смаглий А.И. Аналоги и заменители сталей трубной продукции	161
Litvinov V.A., Smagliy A.I. Analogues and substitutes for pipe steels	
Малышкова М.Л., Данчина Я.В., Шиян С.И. Гидроразрыв пласта – одно из геолого-технических мероприятий на эксплуатационных скважинах Восточно-Уренгойского месторождения	163
Malyshkova M.L., Danchina Ya.V., Shiyan S.I. Hydraulic fracturing of the formation – one of the geological and technical measures at the production wells of the Vostochno-Urengoy deposit	
Музыкантова А.В., Величко Е.И., Иноземцев Д.А. Предохранительная арматура. Предохранительные клапаны	169
Muzykantova A.V., Velichko Y.I., Inozemtsev D.A. Safety valves. Safety valves	
Музыкантова А.В., Величко Е.И., Иноземцев Д.А. Арматура резервуаров. Клапаны	172
Muzykantova A.V., Velichko Y.I., Inozemtsev D.A. Tank fittings. Valves	
Муравлева М.В., Устюжанин М.В., Шиян С.И., Кусова Л.Г. Эффективность применения геолого-технических мероприятий при разработке месторождений	175
Muravleva M.V., Ustyuzhanin M.V., Shiyan S.I., Kusova L.G. Efficiency of the application of geological and technical measures in the development of deposits	
Муравлева М.В., Шиян С.И., Кочкянян А.В., Крылов К.А., Немеренко Д.В. Обеспечение экологической безопасности при эксплуатации скважин на нефтегазовых месторождениях	182
Muravleva M.V., Shiyan S.I., Kochkanyan A.V., Krylov K.A., Nemerenko D.V. Ensuring environmental safety during the operation of wells in oil and gas fields	
Немеренко Д.В., Слепцов А.А., Шиян С.И., Калищук Ю.А., Кочкянян А.В. Однонасосные системы одновременно-раздельной эксплуатации нефтяных скважин	188
Nemerenko D.V., Sleptsov A.A., Shiyan S.I., Kalischuk Y.A., Kochkanyan A.V. Single pump systems for simultaneous-separate operation of oil wells	
Нечаев С.Р., Сабайдаш М.Л., Шиян С.И., Саркисян Э.В., Сафоненко Г.Е. Одновременно-раздельная эксплуатация нефтяных скважин	195
Nechaev S.R., Sabaidash M.L., Shiyan S.I., Sarkisyan E.V., Safonenko G.E. Simultaneous separate operation of oil wells	

Орлова И.О., Даценко Е.Н., Авакимян Н.Н. Цифровые модели нефтегазовых месторождений	203
Orlova I.O., Datsenko E.N., Avakimyan N.N. Digital models of oil and gas fields	
Орлова И.О., Даценко Е.Н., Авакимян Н.Н. Геологическое моделирование месторождений нефти и газа	207
Orlova I.O., Datsenko E.N., Avakimyan N.N. Geological modeling of oil and gas fields	
Отрадно А.М., Савенок О.В., Андруевич Д.А., Харченко Я.М. Проектирование процесса гидравлического разрыва пласта на Сандивейском нефтяном месторождении	210
Otradnov A.M., Savenok O.V., Andrusevich D.A., Kharchenko Y.M. Design of the hydraulic fracturing process on the Sandiveyskoye oil field	
Подергина С.О. Предпосылки географических открытий в России	222
Podergina S.O. Prerequisites for geographical discoveries in Russia	
Попова А.А. Влияние общенационального кризиса на жизнь российского общества в начале XX века	224
Popova A.A. The impact of the national crisis on the life of Russian society at the beginning of the XX century	
Попряга И.А., Колесников Н.А., Чеев Б.А., Шиян С.И. Применение струйных аппаратов при освоении, эксплуатации скважин и обработках призабойной зоны	226
Popryaga I.A., Kolesnikov N.A., Cheet B.A., Shiyan S.I. Application of jet devices in the development, operation of wells and processing of the bottom-hole zone	
Приходько М.Г. Диагностирование резервуаров вертикальных стальных	234
Prikhodko M.G. Diagnostics of vertical steel tanks	
Приходько М.Г. Свариваемость сталей	238
Prikhodko M.G. Weldability of steels	
Приходько М.Г. Технические критерии диагностирования	241
Prikhodko M.G. Technical criteria for diagnosis	
Приходько М.Г., Кузнецова А.В. Новые подходы к технологическим возможностям рентабельного выделения металлов из углеводородного сырья	245
Prikhodko M.G., Kuznetsova A.V. New Approaches to Technological Possibilities of Cost-Effective Extraction of Metals from Hydrocarbon Raw Materials	

Самайкин М.Д., Шавинян Д.К., Шиян С.И. Программа применения геолого-технических мероприятий на Восточно-Уренгойском нефтегазоконденсатном месторождении	248
Samaykin M.D., Shavinyan D.K., Shiyan S.I. Program of geological and technical measures at the Vostochno-Urengoi oil and gas condensate field	
Сафоненко Г.Е., Джалло Ф., Шиян С.И., Калищук Ю.А., Гузеева Е.В. Механические примеси в добывающих скважинах и методы борьбы с их негативным влиянием	253
Safonenko G.E., Jalloh F., Shiyan S.I., Kalishchuk Yu.A., Guzeeva Y.V. Mechanical impurities in producing wells and methods of combating their negative impact	
Сергиенко Н.Л. Поведение потребителей образовательных услуг в современном российском обществе	259
Sergienko N.L. Behavior of consumers of educational services in modern Russian society	
Середенко Ю.С., Аспидов И.В., Хлабыстова Н.В. Сравнительный анализ профессионального самоопределения абитуриентов в России и европейских странах	261
Seredenko Yu.S., Aspidov I.V., Khlabystova N.V. Comparative analysis of professional self-determination of applicants in Russia and european countries	
Смаглий А.И., Литвинов В.А. Применение эффекта Ранка-Хилша на ГРС	267
Smagly A.I., Litvinov V.A. Application of the Rank-Hilsch effect to the GDS	
Суховерова П.А., Шиян С.И., Слепцов А.А., Степанец И.В., Столбов В.Н. Достоинства и недостатки одновременно-раздельной эксплуатации нефтяных скважин	269
Sukhoverova P.A., Shiyan S.I., Sleptsov A.A., Stepanets I.V., Stolbov V.N. Advantages and disadvantages of simultaneous-separated operation of oil wells	
Телятников И.С. Исследование задачи о гармонических колебаниях упругого материала с покрытием при наличии внутреннего дефекта	275
Telyatnikov I.S. Study of the problem for harmonic vibrations of an elastic coated material in the presence of an internal defect	
Терещенко И.А. Дополнительное образование взрослых: современные тенденции	279
Tereshchenko I.A. Additional adult education: current trends	
Терещенко И.А. Образование как особый товар	281
Tereshchenko I.A. Education as a special commodity	

Терещенко И.А., Кошкош В.Д. Новые подходы к технологическим возможностям глубокой переработки нефти на НПЗ	283
Tereshchenko I.A., Koshkosh V.D. New approaches to the technological capabilities of deep oil refining at refineries	
Терещенко И.А. Конструктивные особенности талевого системы буровой установки	286
Tereshchenko I.A. Design features of the tackle system drilling rig	
Терещенко И.А., Ковалева С.С. Способы защиты морских трубопроводов от коррозии	291
Tereshchenko I.A., Kovaleva S.S. Large diameter pipes with high deformation capacity	
Терещенко И.А., Апанаева Д.Р. Особенности проектирования трубопроводов с высокими механическими показателями прочности	295
Tereshchenko I.A., Apanaeva D.R. Features of the design of pipelines with high mechanical strength indicators	
Тлий Д.А., Иноземцев Д.А., Степанов М.С. Винтовой блок компрессора	299
Tliy D.A., Inozemtsev D.A., Stepanov M.S. Screw compressor unit	
Троценко Е.С., Сеидова Н.М., Коваленко А.В., Гудза В.А., Письменский А.В. Математическая модель стационарного переноса 1 : 1 электролита в сечении канала обессоливания с учетом некаталитической реакции диссоциации/рекомбинации молекул воды	303
Trotsenko E.S., Seidova N.M., Kovalenko A.V., Gudza V.A., Pismensky A.V. A mathematical model of stationary 1 : 1 electrolyte transfer in the section of the desalination channel taking into account the non-catalytic reaction of dissociation/recombination of water molecules	
Ханюченко Н.Д. Выбор методов неразрушающего контроля и технической диагностики	312
Khanyuchenko N.D. Selection of methods of non-destructive testing and technical diagnostics	
Ханюченко Н.Д. Методы контроля ферромагнитных материалов	316
Khanyuchenko N.D. Methods for the control of ferromagnetic materials	
Ханюченко Н.Д. Сварка низкоуглеродистых нелегированных сталей	321
Khanyuchenko N.D. Welding of low carbon unalloyed steels	

Ханюченко Н.Д., Качурина М.А. Разработка материалов для ремонтно-изоляционных работ и устранения негерметичности инновационными способами	325
Khanyuchenko N.D., Kachurina M.A. Development of materials for repair and insulation works and elimination of leaks in innovative ways	
Хлабыстова Н.В. Роль языковой политики в формировании этнической идентификации	328
Khlabystova N.V. Role of language policy in formation ethnic self-identification	
Хлабыстова Н.В. Влияние СМИ на профессиональное самоопределение абитуриентов	331
Khlabystova N.V. The influence of the media on the professional self-determination of applicants	
Хлабыстова Н.В. Трансформация профессионального самоопределения абитуриентов	333
Khlabystova N.V. Transformation of professional self-determination of applicants	
Чеев Б.А., Попряга И.А., Колесников Н.А., Шиян С.И. Варианты осуществления способа освоения, исследования и эксплуатации скважин струйными насосами	335
Cheet B.A., Popryaga I.A., Kolesnikov N.A., Shiyani S.I. Options for implementing the method of development, research and operation of wells with jet pumps	
Чернышева С.А. Специфика социологического подхода изучения образования	341
Chernysheva S.A. The specifics of the sociological approach to the study of education	
Шампуров М.А., Шиян С.И., Комаров А.О., Мишуров В.А., Шупенько В.Р. Анализ процессов работы совместных скважин и скважин с одновременно-раздельной эксплуатацией	343
Shampurov M.A., Shiyani S.I., Komarov A.O., Mishurov V.A., Shupenko V.R. Analysis of operation processes of joint wells and wells with simultaneous separate operation	
Шапошников В.В., Батько Д.Н., Михалко Я.О. Математическое моделирование трехконтурных парогазовых установок	349
Shaposhnikov V.V., Batko D.N., Mikhalko Y.O. Mathematical modeling of three-circuit combined cycle plants	
Шауро И.А., Шиян С.И., Китаев А.А. Учет дефектов, не обнаруживаемых средствами внутритрубной диагностики, в прогнозировании долговечности и обеспечения надежности при проектировании магистральных трубопроводов	356
Shauro I.A., Shiyani S.I., Kitaev A.A. Accounting for defects not detected by pipeline diagnostics in predicting durability and ensuring reliability when designing main pipelines	

Шиян С.И., Шаблий И.И. Применение беструбного гидробура для удаления песчаных пробок	362
Shiyan S.I., Shabliy I.I. The use of a tubeless hydraulic drill for removing sand plugs	
Шиян С.И., Корсак М.В., Муравлева М.В., Джалло Ф., Саркисян Э.В. Химические методы борьбы с механическими примесями на добывающих скважинах	371
Shiyan S.I., Korsak M.V., Muravleva M.V., Jalloh F., Sarkisyan E.V. Chemical methods of control of mechanical contaminants in production wells	
Шиян С.И., Нечаев С.Р., Бороденко А.А., Нишнианидзе С.И., Степанец И.В. Двухнасосные системы одновременно-раздельной эксплуатации нефтяных скважин	378
Shiyan S.I., Nechaev S.R., Borodenko A.A., Nishnianidze S.I., Stepanets I.V. Two-pump systems for simultaneous-separate operation of oil wells	
Шматко Н.В., Савенок О.В., Малофеева А.Ю., Багдасарян А.А. Анализ эффективности проведения геологических и технических мероприятий на Северо-Кожвинском месторождении	386
Shmatko N.V., Savenok O.V., Malofeeva A.Yu., Bagdasaryan A.A. Analysis of efficiency of conducting geological and technical measures on the Severo-Kozhvincskoye field	
Шмелев В.А. Функционально-структурное моделирование для оптимального выбора буровой установки	396
Shmelev V.A. Functional and structural modeling for optimum rig selection	
Добробаба Ю.П., Асланова Д.А. Определение переходной характеристики системы седьмого порядка с кратными корнями характеристического уравнения	407
Dobrobaba Yu.P., Aslanova D.A. Determination of transitional characteristics of the seventh order system with different roots of the characteristic equation	
Антониади Д.Г., Джалалов К.Э. Гибридные технологии добычи высоковязкой нефти	412
Antoniadi D.G., Jalalov K.E. Hybrid technologies for extraction of high-viscosity oil	
Близнюков В.Ю., Гаджиев Н.Р. оглы Самоподъемные Буровые плавучие установки – их назначение и основные преимущества в морском бурении	415
Bliznyukov V.Yu., Hajiyev N.R. Jack-up drilling rigs – their purpose and main advantages in offshore drilling	

ВВЕДЕНИЕ

03 июня 2021 года ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» на базе кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов» института «Нефти, газа и энергетики» проводил Международную научно-практическую конференцию «Research. Engineering. Extreme. 2021».

Перед конференцией была поставлена важная и крайне актуальная задача: на основе последних достижений науки о Земле, в области механики жидкости и газа, термодинамики, физико-химии и других смежных научных направлений предложить фундаментальные основы для создания новых технологий разработки и эксплуатации нефтегазовых месторождений, добычи, транспортировки, переработки и хранения углеводородного сырья, ресурсосберегающих и экологически чистых технологий. Обсуждались результаты исследовательских и научно-прикладных работ по широкому кругу вопросов, а также актуальные вопросы и проблемы освоения углеводородного потенциала России.

Поиск путей решения поставленной перед конференцией задачи проводился по следующим секциям:

- Энергетика.
- Нефтегазовое дело.
- Вопросы разработки новых научных и образовательных технологий.
- Математическое моделирование природных и технологических процессов.
- Геология и геофизика.
- Гуманитарные науки.

Были представлены также обобщающие доклады, связанные с новыми научными подходами к решению проблем добычи, транспорта, переработки и хранения нефти и газа.

Статьи в настоящем сборнике расположены согласно алфавитному порядку фамилий авторов, представивших свои доклады на конференцию.

В нефтегазовой научно-практической конференции приняли участие ученые ближнего и дальнего зарубежья, сотрудники, аспиранты и студенты технических ВУЗов, работники нефтяных и газовых компаний.

Дирекция института «Нефти, газа и энергетики» и руководство кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» благодарят всех участников Международной научно-практической конференции и авторов, представивших свои статьи в настоящий сборник.

АНАЛИЗ РАЗРАБОТКИ ЛУГИНЕЦКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

ANALYSIS OF DEVELOPMENT OF THE LUGINETSKY OIL AND GAS CONDENSATE FIELD

Аванесов Александр Сергеевич

студент направления подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
iccup.house@mail.ru

Кондауров Яков Александрович

студент направления подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
yakondaurov@gmail.com

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Нишнианидзе Сандро Ираклиевич

студент направления подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
nishnianidze.sandro@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрена динамика основных технологических показателей и динамика фонда скважин Лугинецкого месторождения за весь период эксплуатации.

Ключевые слова: нефтегазоконденсатное месторождение, годовой отбор нефти, обводненность, фонтанный способ эксплуатации, пробуренный фонд скважин, эксплуатационный фонд скважин, нагнетательный фонд скважин.

Avanesov Alexander Sergeevich

Student training direction 21.04.01 «Oil and gas business»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban state technological university
iccup.house@mail.ru

Kondaurov Yakov Alexandrovich

Student training direction 21.04.01 «Oil and gas business»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban state technological university
yakondaurov@gmail.com

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Nishnianidze Sandro Iraklievich

Student training direction 21.04.01 «Oil and gas business»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban state technological university
nishnianidze.sandro@mail.ru

Annotation. This article discusses the dynamics of the main technological indicators and the dynamics of the well stock of the Luginetskoye field for the entire period of operation.

Keywords: oil and gas condensate field, annual oil withdrawal, water cut, flowing method of operation, drilled well stock, production well stock, injection well stock.

Лугинское нефтегазоконденсатное месторождение, расположенное в Парабельском и Каргасокском районах Томской области, находится на третьей стадии разработки. Основные показатели разработки месторождения представлены следующими данными: накопленная добыча нефти по состоянию на 01.01.2016 года составляет 20958,8 тыс. т, доля конденсата – 2318,7 тыс. т (11,0 % от добычи нефти) или 24,8 % от начальных извлекаемых запасов конденсата категории В + С1; накопленная добыча газа – 18070,8 млн. м³, в том числе свободного газа – 13492,1 млн. м³, или 76,2 % от суммарной добычи газа; коэффициент извлечения нефти – 0,129 (КИН конечный – 0,350); водонефтяной фактор – 0,41, среднегодовая обводненность продукции – 66,4 %; накопленная компенсация отбора жидкости в пластовых условиях – 98,4 % текущая – 42,3 %.

Рассмотрим динамику технологических показателей разработки исследуемого месторождения. За период 2013–2016 гг. произошло значительное снижение годовых отборов нефти по месторождению. В 2016 г. отбор нефти сократился до 590,2 тыс. т (–4,8 % к уровню 2013 года). Дебит нефти снизился с 16 т/сут. (2013 г.) до 12 т/сут. (2016 г.). При этом наблюдалось увеличение годовой добычи жидкости по сравнению с 2013 г. на 119,6 тыс. т и в 2016 г. она составила 1840,5 тыс. т, обводненность добываемой продукции выросла с 64,2 % (2013 г.) до 66,9 % (2016 г.). Действующий добывающий фонд скважин находился в пределах 170–180 скважин, т.е. существенно не менялся. Объем закаченной жидкости по пластам Лугинского месторождения компенсирует добычу жидкости в среднем на 40,0–60,0 %, из чего можно сделать вывод, что по месторождению продолжается процесс неполной компенсации.

Проанализируем используемые способы добычи сырья на месторождении. В эксплуатации месторождения основная доля в добыче нефти и конденсата принадлежит фонтанному способу – 14570,4 тыс. т или 79,7 % от всей добычи нефти с начала разработки. Добыча нефти механизированным способом началась в 1994 г. с оборудования скважин штанговыми насосами (ШГН), накопленная добыча нефти на 01.01.2016 г. составила 699,2 тыс. т (3,8 %). С 1995 г. началось оборудование скважин электропогружными насосами (ЭЦН), накопленная добыча нефти данным способом составила 2950,0 тыс. т (16,1 %). Эрлифт использовался в период 2000–2006 гг., добыто 44,5 тыс. т нефти. Бескомпрессорный газлифт применялся только в период 2008–2012 гг. – добыча нефти составила 6,8 тыс. т.

Максимальное использование фонтанного способа эксплуатации обусловлено высоким газосодержанием добываемой продукции, влияющим на эффективность работы различных типов насосов. С 2010 года наблюдается тенденция преобладания механизированного способа эксплуатации скважин над фонтанным способом, что связано с ростом обводненности добываемой продукции.

Изучим структуру и динамику пробуренного фонда скважин Лугинского месторождения за весь период эксплуатации. По состоянию на 01.01.2016 г. на месторождении пробурено 578 скважин: 396 добывающих, 158 нагнетательных, 24 водозаборных скважины (табл. 1). Не разбурены северо-восточная и северо-западная части площади Лугинского месторождения.

Таблица 1 – Структура пробуренного фонда скважин Лугинецкого месторождения

Наименование	Число скважин
Общий пробуренный фонд скважин	578
Фонд добывающих скважин	396
Эксплуатационный фонд добывающих скважин	212
Действующий фонд добывающих скважин, в том числе: дающие продукцию простаивающие	148 163 7
Бездействующий фонд добывающих скважин	42
В консервации	59
Пьезометрические	3
Наблюдательные	2
В ликвидации	27
В ожидании ликвидации	92
Фонд нагнетательных скважин	158
Эксплуатационный фонд нагнетательных скважин	156
Действующий фонд нагнетательных скважин, в том числе: под закачкой простаивающие	85 84 1
Бездействующий фонд нагнетательных скважин	84
Фонд водозаборных скважин	24
Эксплуатационный фонд водозаборных скважин	14
Действующий фонд водозаборных скважин	6
Бездействующий фонд водозаборных скважин	7
В освоении и ожидании освоения	1
В консервации	8
Пьезометрические	1
В ликвидации	1

Эксплуатационное бурение на месторождении в период 2009–2013 гг. велось только в 2011 г. – 13 скважин, в 2012 г. – 3 скважины. Как видно из рисунка 1 интенсивное бурение скважин велось вплоть до 1999 года и к этому времени количество скважин достигло значения 522. В дальнейшем темпы бурения новых скважин резко снизились. Динамика основных технологических показателей и динамика фонда скважин за весь период разработки Лугинецкого месторождения представлена на рисунках 1 и 2.

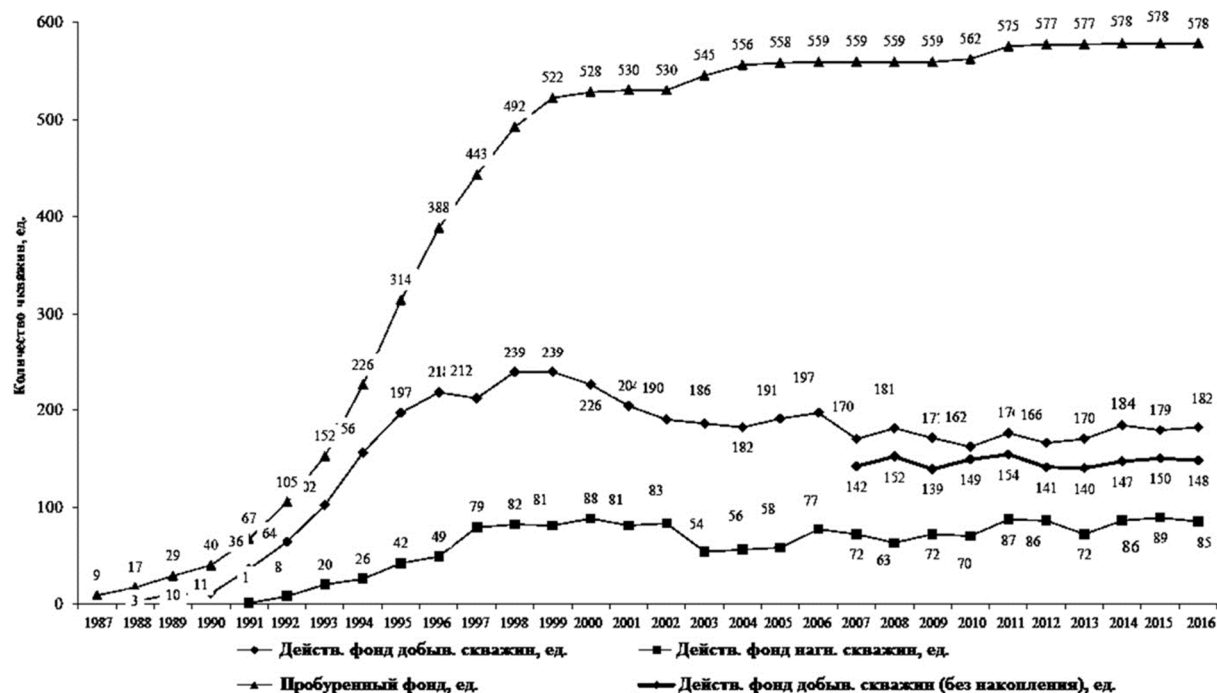


Рисунок 1 – Динамика фонда скважин Лугинецкого месторождения

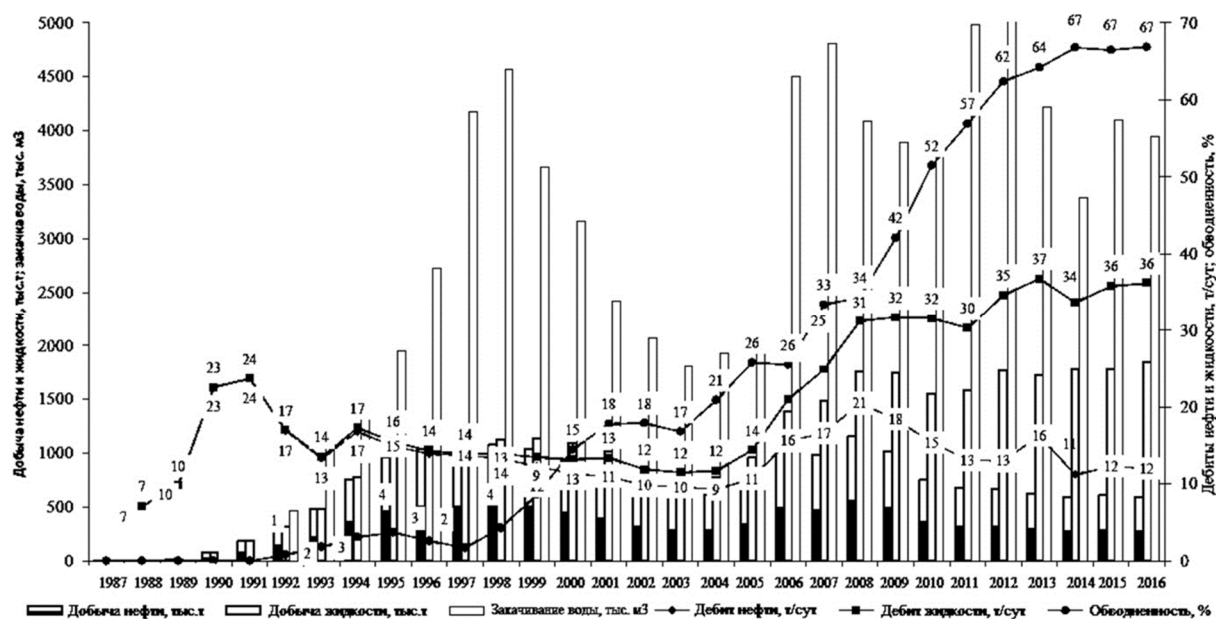


Рисунок 2 – Динамика основных технологических показателей за весь период разработки Лугинецкого месторождения

Эксплуатационный фонд добывающих скважин на 01.01.2016 г. составил 212 скважин, из которых 170 скважин (86,05 %) действующих, из них 109 (57 %) эксплуатировались фонтанным способом, остальная часть добывающего фонда в процессе эксплуатации была оборудована установками электроцентробежных насосов (УЭЦН) – 69 единиц (36 %) и штанговыми – глубинными насосами (ШГН) – 13 единиц (7 %) (рис. 3).

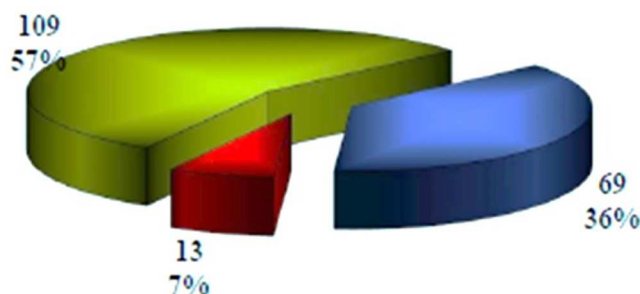


Рисунок 3 – Структура эксплуатационного фонда Лугинецкого месторождения

Действующий фонд в течение года увеличился на 4 ед. и составил 182 ед.: 1 скважина (№ 275) введена в работу из освоения прошлых лет, на 2 скважины сократился бездействующий фонд, в свою очередь скважина № 597 переведена в ППД. Таким образом, в течение года из бездействия были выведены 2 скважины (№№ 645, 724), вновь прибыли в бездействующий фонд 4 скважины (№ № 82, 767, 874, 856). На конец года бездействующий фонд составил 42 ед. (10,6 % от пробуренного нефтяного фонда).

На 01.01.2016 г. в консервации находилось 59 скважин (14,9 %) количество скважин уменьшилось на 2 ед.: скв. № 828 переведена в ППД (пласт Ю₁³), скв. № 62М переведена в ликвидационный фонд. Основной причиной перевода скважин в консервацию является высокая обводненность добываемой продукции, 10 скважин находятся в консервации по причине высокого газового фактора.

Фонд пьезометрических и наблюдательных скважин остался без изменения – 5 ед. (скважины №№ 532, 628, 630, 781, 860). В ожидании ликвидации и в ликвидации находятся 119 скважин (30,1 % от пробуренного добывающего фонда), из них ликвидировано 27 ед. (добавилась скв. № 62М), в ожидании ликвидации – 92 ед.

Нагнетательный фонд скважин на Лугинецком месторождении составляет 158 скважин. Фонд увеличился на 2 ед. за счет ввода из нефтяного эксплуатационного фонда скважины № 597 (пласт Ю₁⁴) и перевода из консервации нефтяного фонда скважины № 828 (пласт Ю₁³). Эксплуатационный фонд скважин по состоянию на 01.01.2016 г. – 156 ед. (+2 ед. к уровню 2015 г.), действующих – 72 ед. (из них 30 в совместной эксплуатации). Действующий фонд нагнетательных скважин сократился на 14 скважин и распределился следующим образом: Ю₁⁰⁻¹⁻² – 13 ед. (все скважины в совместной эксплуатации), Ю₁³ – 59 ед. (28 скважин в совместной закачке), Ю₁⁴ – 31 ед. (20 скважин в совместной работе), Ю₂ – 1 ед. (скв. № 1167 закачка осуществляется на Ю₁⁴, Ю₂). Бездействующий фонд скважин увеличился на 16 скважин, максимальное количество скважин приходится на пласт Ю₁³ – 34 ед., на Ю₁⁴ – 13 скважин. В ожидании ликвидации находятся две скважины (№№ 716, 782 пласт Ю₁¹). Основной причиной бездействия нагнетательных скважин является отсутствие необходимости закачки в районах уменьшения отборов.

Таким образом, в ходе анализа разработки Лугинецкого нефтегазоконденсатного месторождения выявлена следующая динамика показателей разработки: снижение годовых отборов нефти и увеличение годовой добычи жидкости, рост обводненности добываемой продукции. Наиболее широко применимым способом добычи нефти и конденсата является фонтанный способ эксплуатации, что обусловлено высоким газосодержанием добываемой продукции, при этом наблюдается тенденция преобладания механизированного способа эксплуатации скважин над фонтанным способом, в связи с ростом обводненности добываемой продукции. Эксплуатационный фонд скважин представлен в основном фонтанными скважинами.

Литература:

1. Разработка физико-химических моделей и методов прогнозирования состояния пород-коллекторов / Д.А. Березовский [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 9. – С. 84–86.
2. Березовский Д.А., Савенок О.В., Кусов Г.В. Закономерности и изменения свойств нефти и газа в залежах и месторождениях // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 1. – С. 114–119.
3. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
4. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы под-держания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.
5. Шиян С.И., Березовский Д.А. Анализ экономической и технологической эффективности эксплуатации боковых стволов на Красновском газонефтяном месторождении // Наука и техника в газовой промышленности. – 2020. – № 3 (83). – С. 26–37.
6. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.
7. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутривнепромислового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3-х т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.
8. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации

на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.

9. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

10. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

11. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

12. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

13. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

14. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

15. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

16. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

17. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

18. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

19. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

20. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

Literature:

1. Development of physical and chemical models and methods of forecasting the state of reservoir rocks / D.A. Berezovsky [et al.] – 2014. – № 9. – P. 84–86.
2. Berezovsky D.A., Savenok O.V., Kusov G.V. Regularities and changes in the properties of oil and gas in reservoirs and fields // Bulatov Readings. – 2019. – V. 1. – P. 114–119.
3. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and prospects for the development of Lebedinsky gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.
4. Shiyani S.I., Skiba A.S. Technology of reservoir pressure maintenance system regulation at Abino-Ukrainskoye field // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 279–288.
5. Shiyani S.I., Berezovsky D.A. Analysis of economic and technological efficiency of operation of sidetracks in Krasnovskoye gas and oil field // Science and Technology in the gas industry. – 2020. – № 3 (83). – P. 26–37.
6. Analysis of operating modes of wells in Nekrasovskoye gas condensate field and justification of the used downhole equipment / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – V. 3. – P. 258–265.
7. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products on Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – V. 3. – P. 266–271.
8. Analysis of the actual modes of operation of producing wells Klyuchevoye field and the justification of the method and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – V. 3. – P. 272–277.
9. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 90–94.
10. Improvement of hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 95–101.
- Methods of enhanced oil recovery and limiting factors of application of these methods on the example of the field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : Materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 399–402.
12. Application of magnetic-pulse defectoscopy for controlling the state of wells of two-column structure / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 220–223.
13. The solution of the problem of the negative impact of mechanical impurities in the ESP installations on the example of the Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 227–231.
14. Development of hydro-jet method of oil recovery / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 323–329.
15. Analysis of the causes of hydrate formation during the operation of wells in gas fields / S.I. Shiyani [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 419–423.

16. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells at the gas field / S.I. Shiyani [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 424–428.

17. Shiyani S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : Materials of an International conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.

18. Shiyani S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskiye readings : Materials of the International conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.

19. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in the field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 185–190.

20. Kovalenko D.R., Shiyani S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : Materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 295–300.

**ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ФОНДА
ОДНОВРЕМЕННО-РАЗДЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН
НА АЛЕКСЕЕВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

**STAGES OF FUND FORMATION
SIMULTANEOUS SEPARATED OPERATION OF WELLS AT ALE-
KSEEVSKY DEPOSIT**

Ашуров Артем Дмитриевич

студент направления подготовки
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
artem.ashurov.00@mail.ru

Храпай Денис Сергеевич

студент направления подготовки
15.03.02 «Технологические машины и оборудования»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
denis.99-09@yandex.ru

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы внедрения одновременно-раздельной эксплуатации на добывающих скважинах Алексеевского месторождения; этапы формирования фонда одновременно-раздельной эксплуатации скважин.

Ключевые слова: добывающие скважины, внедрение одновременно-раздельной эксплуатации скважин, эффективность.

Ashurov Artem Dmitrievich

Student training direction 15.03.02 «Technological machines and equipment»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
artem.ashurov.00@mail.ru

Khrapai Denis Sergeevich

Student training direction 15.03.02 «Technological machines and equipment»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological University
denis.99-09@yandex.ru

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Annotation. This article discusses the issues of implementing simultaneous-separate operation at the production wells of the Alekseevskoye field; stages of formation of a pool of simultaneous-separate wells operation.

Keywords: production wells, introduction of simultaneous-separate wells operation, efficiency.

В 2009 году на скважине № 6333 Алексеевского месторождения, объединив нефтенасыщенные зоны Кизеловского и Фаменского яруса, впервые применили технологии одновременно-раздельной эксплуатации. В результате произошло увеличение добычи нефти на 2,5 тонны в сутки.

Внедрение ОРЭ на добывающих скважинах носит неравномерный характер. Максимальное количество скважин, работающих на одновременно-раздельном режиме добычи нефти с двух пластов, зафиксировано в 2019 году и составило 11 скважин. Гистограмма, показывающая динамику внедрения ОРЭ на Алексеевском месторождении, представлена на рисунке 1. По состоянию на 2019 год количество скважин ОРЭ составляет 32 шт.

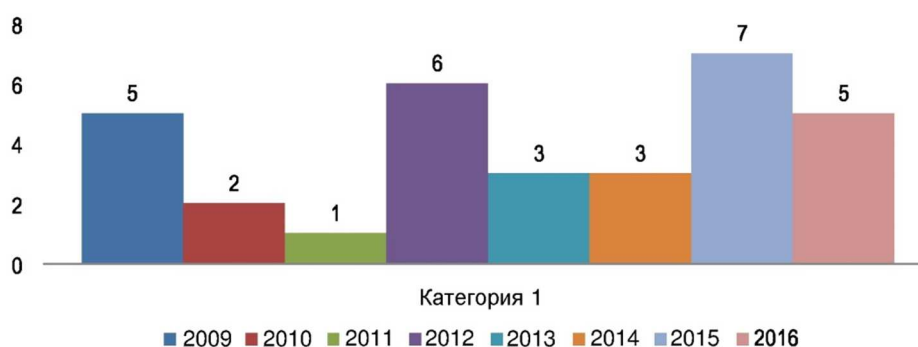


Рисунок 1 – Динамика внедрения ОРЭ на Алексеевском месторождении

Эффективность внедрения ЭОРЭ зависит от фильтрационно-емкостных свойств объединенных коллекторов и насыщающих их флюидов. В таблице 1 приведена эффективность ОРЭ по скважинам Алексеевского месторождения с начала их применения.

Таблица 1 – Эффективность ОРЭ скважин Алексеевского месторождения ЗАО «Алойл»

№ п/п	Скважина	Дата внедрения	Эксплуатационный объект	Приобщенный объект	Прирост по нефти, т/сут
1	2	3	4	5	6
1	6333	19.03.2011	Данково-Лебедянский	Кизеловский	2.5
2	6292	21.05.2011	Данково-Лебедянский	Кизеловский	3.8
3	6203	17.06.2011	Кизеловский	Бобриковский	1.9
4	6283	14.08.2012	Заволжский	Заволжский	3.7
5	359	15.09.2012	Заволжский	Кизеловский	5.8
6	6274	11.07.2012	Заволжский	Кизеловский	5.9
7	6328	25.10.2012	Заволжский	Кизеловский	4.2
8	6361	08.02.2012	Заволжский	Кизеловский	4.3
9	6304	06.03.2012	Заволжский	Кизеловский	6.5
10	6218	26.05.2013	Заволжский	Кизеловский	5.4
11	6062	05.06.2013	Бобриковский	Кизеловский	1.9
12	108	05.06.2013	Бобриковский	Кизеловский	2.5
13	6314	11.09.2014	Кизеловский	Бобриковский	2.1
14	6531	09.10.2014	Заволжский	Данково-Лебедянский	8.1
15	6436	26.02.2014	Заволжский	Кизеловский	30
16	6435	30.06.2015	Кизеловский	Заволжский	30
17	6750	08.07.2015	Кизеловский	Заволжский	1.7
18	6098	03.02.2015	Данково-Лебедянский	Кизеловский	3.4

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
19	6295	25.02.2016	Кизеловский	Заволжский	1.6
20	6091	13.03.2016	Данково-Лебедянский	Кизеловский	3.4
21	93	23.04.2016	Заволжский	Кизеловский	6.4
22	6086	08.03.2017	Заволжский	Кизеловский	2.5
23	6520	24.03.2017	Заволжский	Кизеловский	4.0
24	6521	05.04.2017	Данково-Лебедянский	Кизеловский	3.9
25	6367	18.04.2017	Данково-Лебедянский	Заволжский	2.8
26	6540	15.08.2018	Заволжский	Кизеловский	4.3
27	6533	28.08.2018	Данково-Лебедянский	Кизеловский	3.1
28	6174	08.02.2018	Данково-Лебедянский	Заволжский	4.0
29	6172	28.02.2018	Заволжский	Кизеловский	5.1
30	6529	29.03.2019	Данково-Лебедянский	Заволжский	4.7
31	6526	30.03.2019	Заволжский	Кизеловский	5.2
32	6525	13.04.2019	Данково-Лебедянский	Заволжский	5.5
Общая эффективность от внедрения ОРЭ					126,2

На рисунке 2 показана динамика среднего прироста дебита нефти по скважинам ОРЭ по годам разработки. По малочисленному фонду скважин, введенных в 2010–2011 годах, наблюдаются значительные приращения дебитов нефти, то есть эффективность ОРЭ определяется рядом параметров, влияющих на эффективность.

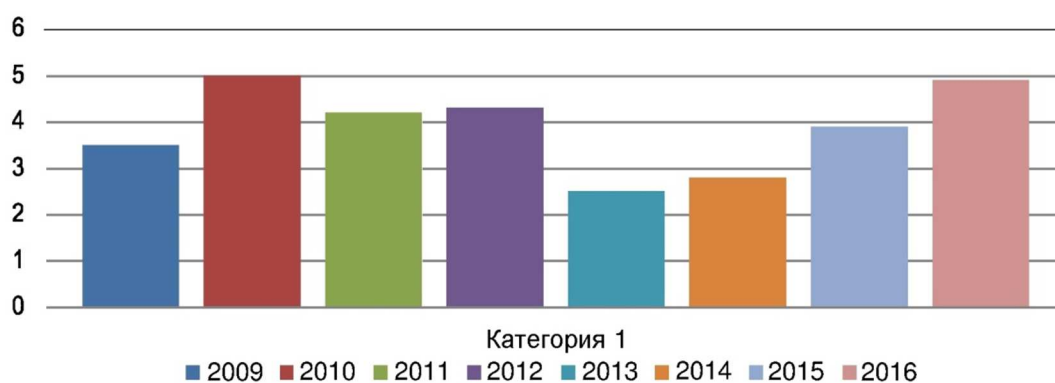


Рисунок 2 – Динамика среднего прироста нефти после внедрения ОРЭ на Алексеевском месторождении

В 2013 и в 2014 г.г. малая эффективность внедрения ОРЭ, как показывает анализ рисунка 2, обоснована приобщением менее продуктивных участков Заволжского горизонта. Хотя и отмечается неравномерность отбора во времени, вызванная разными причинами технического сопровождения технологии, в целом достигнута положительная тенденция прироста дебита. На практике применение ОРЭ показывает, что эффективность ОРЭ зависит от горизонтов, объединенных в единую систему разработки. На рисунке 3 представлено распределение эффективности ОРЭ по объектам.

Отметим, что минимальный прирост дебита нефти прослеживается при обобщении Кизеловского горизонта с Бобриковским. Существенная эффективность отмечается по двум группам ОРЭ: Заволжского с Кизеловским горизонтом и Заволжского с Данково-Лебедянский горизонтом. Средний прирост по этим группам скважин составляет более 4.3 т/сутки.

Таким образом, опыт внедрения ОРЭ на скважинах Алексеевского месторождения показал положительные результаты на пластах одного типа коллектора (Карбонатные коллекторы). При совместной разработке пластов, различающихся по типу коллектора (карбонатные и терригенные коллекторы), эффективность ниже в среднем в 2 раза.

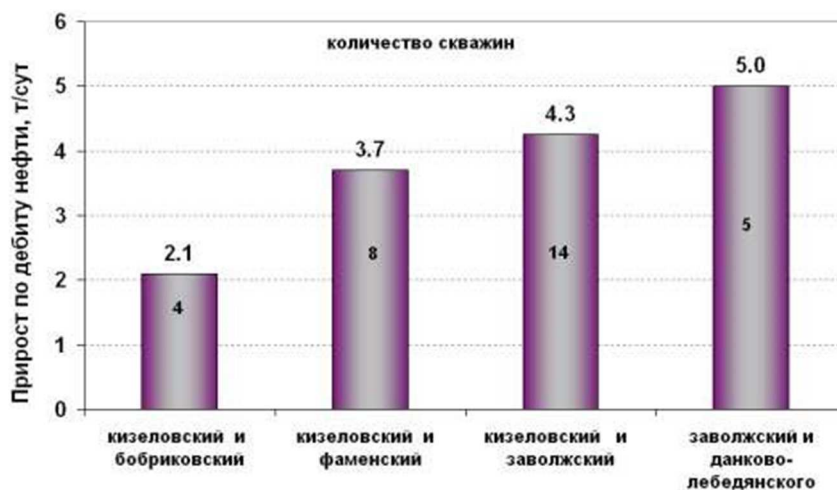


Рисунок 3 – Распределение эффективности ОРЭ по совмещенным объектам

Литература:

1. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.

2. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.

3. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутрипромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.

4. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.

5. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

6. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

7. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

8. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.

9. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

10. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II

Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

11. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

12. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Материалы Международной конференции (4–5 февраля 2021 г.) «Рассохинские чтения». – Ухта : Ухтинский государственный технический университет, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

13. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Материалы Международной конференции (4–5 февраля 2021 г.) «Рассохинские чтения». – Ухта : Ухтинский государственный технический университет, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

14. Сухин А.А., Шиян С.И. Анализ методов борьбы с гидратами на Астраханском газоконденсатном месторождении // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 383–392.

15. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

16. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

17. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

18. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

Literature:

1. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremichuk R.S. Scientific basis and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.

2. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.] – Novocherkassk : Publishing House «Lik», 2018. – 292 p

3. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products at Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3 – P. 266–271.

4. Analysis of actual operating modes of producing wells of Klyuchevoe field and justification of method and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.

5. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.

6. Improving the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.

7. Methods of enhanced oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of the field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.
8. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of downhole equipment / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.
9. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.
10. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding – as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Science. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.
11. The application of the magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of the double-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V.2. – P. 220–223.
12. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries for the effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Proceedings of the International Conference (4–5 February 2021) «Rassokhin readings». – Ukhta : Ukhta State Technical University, 2021. – Part. 1. – P. 280–287.
13. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Proceedings of the International Conference (February 4–5, 2021) «Rassokhinskie readings». – Ukhta : Ukhta State Technical University, 2021. – Part. 1. – P. 273–280.
14. Sukhin A.A., Shiyan S.I. Analysis of methods to combat hydrates in the Astrakhan gas condensate field // Bulatov Readings. – 2020. – V. 2. – P. 383–392.
15. The solution of the problem of the negative impact of mechanical impurities in the ESP at the example of the Lomovoi field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.
16. Development of hydro-jet method of oil extraction / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.
17. Analysis of the causes of hydrate formation during the operation of wells in gas fields / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.
18. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells in gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.

СУЩНОСТЬ И УСЛОВИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ РОССИИ

THE ESSENCE AND CONDITIONS OF PERIODIC WELL OPERATION IN THE FIELDS OF RUSSIA

Владимиров Антон Владимирович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
ante1922@icloud.com

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Бездудный Иван Ефимович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
Bezudnyuu@yandex.ru

Суховерова Полина Александровна

студентка направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
polina.suxoverova.00@bk.ru

Косова Дарья Анатольевна

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
darakosova48@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрена технология периодической эксплуатации скважин, ее сущность и условие необходимости использовать данную технологию, а также достоинства кратковременной – периодической эксплуатации скважин.

Ключевые слова: периодическая эксплуатация, центробежный насос, высокодебитная скважина, кратковременная – периодическая эксплуатация скважин, электроэнергия, КПД, станция управления, преобразователь частоты.

Vladimirov Anton Vladimirovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban state technological university
ante1922@icloud.com

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Bezudny Ivan Efimovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban state technological university
Bezudnyyy@yandex.ru

Sukhoverova Polina Alexandrovna

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban state technological university
polina.suxoverova.00@bk.ru

Kosova Daria Anatolyevna

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban state technological university
darakosova48@mail.ru

Annotation. This article discusses the technology of intermittent operation of wells, its essence and the condition for the need to use this technology, as well as the advantages of short-term – intermittent operation of wells.

Keywords: Intermittent operation, centrifugal pump, high-rate well, short-term – intermittent well operation, electricity, efficiency, control station, frequency converter.

Периодический кратковременный режим работы погружного оборудования является последовательностью одинаковых рабочих циклов.

Цикл состоит из:

- период работы;
- период покоя.

Продолжительность цикла недостаточна для достижения теплового равновесия, после которого наступает состояние покоя в течение времени, достаточного для того, чтобы температура машины сравнялась с температурой охлаждающей среды с точностью до 2 °С.

Периодическая эксплуатация используется для повышения эффективности эксплуатации низкодебитного фонда насосами большей производительности и КПД. С учетом накопления и разгазирования жидкости в затрубном пространстве, в начальные периоды работы происходит откачка продукции с объемной долей свободного газа меньшей, чем при откачке в постоянном режиме при прочих равных условиях.

На сегодняшний день технология эксплуатации скважин активно используется в крупных компаниях России, например, ПАО «Газпром нефть», ПАО «НК «Роснефть».

Способ кратковременной – периодической эксплуатации скважин был создан на рубеже XX и XXI веков для решения основной проблемы производителей погружных центробежных насосных установок с электрическим приводом (УЭЦН), которую ведущие компании всего мира пытались решить на протяжении 20–30 лет конца прошлого века. Проблема заключалась в сокращении объема рынка УЭЦН вследствие ухудшения структуры запасов нефтяных месторождений и перехода высокодебитных скважин в разряд среднедебитных, а среднедебитных – в малодебитные.

Добыча нефти при непрерывной эксплуатации скважин с помощью УЭЦН экономически более эффективна на высокодебитных скважинах, чем на среднедебитных скважинах. На малодебитных скважинах УЭЦН ранее вообще не применялись. Кратковременный – периодический способ даёт возможность эксплуатировать средне- и малодебитные скважины с такой же и даже более высокой экономической эффективностью, чем при непрерывной эксплуатации УЭЦН высокодебитных скважин.

Способ кратковременной – периодической эксплуатации скважин (КПЭС) обладает стратегическим для нефтедобывающих стран достоинством. Оно заключается в возможности быстрого и значительного снижения объемов добычи нефти в кризисных ситуациях и последующем возврате к прежним объемам добычи без ущерба для разработки месторождений и без значительных затрат.

При кратковременной – периодической эксплуатации скважин существенно увеличивается межреинтентный период (МРП), это происходит благодаря наличию возможности осуществлять «мягкий» безударный пуск при помощи преобразователей частоты (ПЧ), входящих в состав станций управления (СУ) УЭЦН.

Наличие ПЧ в составе СУ дает еще один результат: возможность оптимизации стоимости установок. Применение ПЧ позволяет уменьшить габариты погружного электродвигателя (ПЭД) и ЭЦН, а, следовательно, их материалоемкость. В результате снижается их стоимость за счет увеличения, соответственно, частоты переменного тока и скорости вращения. Повышение стоимости наземного оборудования компенсируется уменьшением стоимости погружного оборудования. Использование указанного приема при непрерывной эксплуатации скважин малоэффективно ввиду проявления еще одного недостатка данного способа: значительного увеличения скорости износа ЭЦН при увеличении скорости вращения. Скорость износа насоса является степенной функцией от скорости его вращения, с показателем степени от 2,5 до 5 единиц.

Существует при кратковременном – периодическом способе и другое достоинство: сокращение расхода электроэнергии. Экономия электроэнергии достигается за счет того, что ЭЦН производительностью более 100 м³/сут., используемые для данного способа, имеют более высокий КПД, чем ЭЦН для среднедебитных скважин. Также наличие возможности регулирования ЭЦН при помощи ПЧ позволяет избежать потерь электроэнергии, неизбежных при регулировании подачи погружных центробежных насосов дросселированием.

Гораздо больший экономический эффект можно получить за счет увеличения объемов добычи нефти. Добиться увеличения объемов добычи в среднем на 10-15 % путем согласования параметров системы «нефтяной пласт – скважина – насосная установка» при кратковременной – периодической эксплуатации, так же как и при непрерывной эксплуатации скважин, позволяет применение регулируемого привода на основе ПЧ.

Литература:

1. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
2. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.
3. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
4. Кусов Г.В., Савенок О.В. Методы борьбы с АСПО на месторождениях ООО «РН – Краснодарнефтегаз» на примере Успенского и Горячеключевского участков // Строительство и ремонт скважин – 2010 : Сборник докладов Международной научно-практической конференции (27 сентября – 02 октября 2010 года, Геленджик, Краснодарский край) / ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо». – Краснодар : ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо», 2010. – С. 147–150.
5. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
6. Шиян С.И., Омельченко Н.Н. Варианты реинжиниринга при реконструкции производственных объектов системы сбора, транспортировки и подготовки нефти, газа и воды Ивановского месторождения // Инженер-нефтяник. – 2020. – № 3. – С. 34–42.
7. Техника и технология восстановления продуктивности скважины № 1273 Уренгойского месторождения путём зарезки бокового ствола / Е.А. Холопов [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 248–266.

8. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.

9. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.

10. Шиян С.И., Березовский Д.А. Анализ экономической и технологической эффективности эксплуатации боковых стволов на Красновском газонефтяном месторождении // Наука и техника в газовой промышленности. – 2020. – № 3 (83). – С. 26–37.

11. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутринефтепромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.

12. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.

13. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

14. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

15. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

16. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.

17. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

18. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щёколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

19. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

20. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

21. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

22. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

23. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

24. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

25. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

Literature:

1. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremichuk R.S. Scientific basis and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.

2. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.] – Novocheerkassk : Publishing House «Lik», 2018. – 292 p.

3. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of oil and gas fields. – Krasnodar : Izd. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.

4. Kusov G.V., Savenok O.V. Methods of struggle against ARPD in the fields of «RN – Krasnodarneftegas» on the example of Uspenskoye and Goriacheklyuchevskoye areas // Well Construction and Repair – 2010 : Collection of reports of the International Scientific-Practical Conference (September 27 – October 02, 2010, Gelendzhik, Krasnodar Territory) / «Research and Production Firm «Nitpo» Ltd. – Krasnodar : LLC Research and Production Firm «Nitpo», 2010. – P. 147–150.

5. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and prospects of development of Lebedinskoye gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.

6. Shiyani S.I., Omelchenko N.N. Reengineering options for reconstruction of production facilities of the system of gathering, transportation and treatment of oil, gas and water of the Ivanovskoye field // Engineer-Neftyanik. – 2020. – № 3. – P. 34–42.

7. Technique and technology of restoration of productivity of the well № 1273 of Urengoyevskoye field by sidetracking / E.A. Kholopov [et al.] // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 248–266.

8. Shiyani S.I., Skiba A.S. Technology of reservoir pressure maintenance system regulation at Abino-Ukrainian field // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 279–288.

9. Shiyani S.I., Muntian V.S. Prospects for the development of the North-Tarasovskoye oil field with the use of energy- and resource-saving technologies // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 289–299.

10. Shiyani S.I., Berezovsky D.A. Analysis of economic and technological efficiency of operation of sidetracks in Krasnovskoye gas and oil field // Science and Technology in the gas industry. – 2020. – № 3 (83). – P. 26–37.

11. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products at Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – V. 3. – P. 266–271.

12. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoe field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – V. 3. – P. 272–277.
13. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 90–94.
14. Improving the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 95–101.
15. Methods of oil recovery enhancement and limiting factors of application of these methods by the example of the field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 399–402.
16. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of downhole equipment / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International scientific-practical conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – V. 3. – P. 258–265.
17. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 185–190.
18. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : Materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 295–300.
19. Application of magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of dual-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 220–223.
20. The solution of the problem of the negative impact of mechanical impurities in the ESP installations on the example of Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 227–231.
21. Development of hydro-jet method of oil recovery / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 323–329.
22. Analysis of the causes of hydrate formation during the operation of wells in gas fields / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 419–423.
23. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells at the gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 424–428.
24. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.
25. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskie readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.

БЛАГОТВОРИТЕЛЬНОСТЬ ПЕРИОДА ПЕРВОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ

CHARITY DURING THE FIRST WORLD WAR

Головко Александр Викторович

студент факультета истории, социологии и международных отношений,
Кубанский государственный университет
alex.golovko97@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается организация благотворительной помощи во время Первой мировой войны. Автор останавливается на благотворительной деятельности общественных организаций и частных лиц, которые помогали людям, пострадавшим от военных действий. В сложной ситуации и в условиях плохо развитой инфраструктуры они облегчали жизнь многих людей в военное время.

Ключевые слова: благотворительность, Первая мировая война, общественные организации, Красный крест, Земгор.

Golovko Alexander Viktorovich

Student of the Faculty of History, Sociology and International Relations,
Kuban State University
alex.golovko97@mail.ru

Annotation. The article deals with the organization of charitable assistance during the First World War. The author dwells on the charitable activities of public organizations and individuals who helped people affected by military operations. In a difficult situation and in conditions of poorly developed infrastructure, they made life easier for many people in wartime.

Keywords: Charity, World War I, public organizations, Red Cross, Zemgor.

В период Первой мировой войны действовало много общественных благотворительных организаций, по большей части направленных на помощь тем, кто так или иначе был связан с фронтом [1, с. 98]. Активно функционировало Российское общество Красного Креста. Согласно уставу от 17 апреля 1893 г., общество было создано для помощи раненым и больным воинам как союзнических, так и неприятельских армий (главное, чтобы они были в пределах действия общества), а в мирное время РОКК оказывало помощь увечным во время военных действий солдатам и офицерам [2, с. 167–174].

В начале августа 1914 г. был образован Всероссийский союз помощи больным и раненым воинам – благотворительная организация, призванная помочь государству в эвакуации, размещении и лечении военнослужащих. С 1915 г. союз включился в работу по снабжению армии и оказанию помощи беженцам. Он имел свои производственные предприятия и выполнял заказы армии.

10 июля 1915 г. стало днем создания Главного комитета всероссийских Земского и Городского союзов по снабжению армии (Земгор), председателем которого стал Г.Е. Львов. Комитет координировал деятельности Земского и Городского союзов по организации производства и транспортировки боеприпасов, обмундирования, продовольствия и др. на фронт [3, с. 17–25].

В 1915–1916 гг. сформировались местные комитеты Земгора (уездные, городские, областные, губернские). Появились управления инженерно-строительных дружин (за-

нимались ремонтом дорог, мостов, заготовками леса, прокладкой телефонных кабелей в тылу действующей армии и т.п.); местные комитеты и учреждения Земгора (те, которые находились вне границ Советской России) существовали до 1920–1921 гг.

В сжатые сроки развернули свою деятельность Общества помощи жертвам войны, Союза Георгиевских кавалеров' Комитета по оказанию помощи семьям лиц, призванных на войну. Существовали фонды с достаточно узкой специализацией: комитет «Книга – солдату», Еврейский комитет помощи жертвам войны (ЕКОПО) [4, с. 53–61].

Благотворительные мероприятия проводили не только специализированные организации, но и все желающие. Положительный пример подавала царская семья: Александра Федоровна с дочерьми работали медицинскими сестрами в Царскосельском госпитале, а княгиня Ольга Александровна оборудовала госпиталь и оказывала помощь раненым в качестве сестры милосердия. В условиях, когда государственной власти нужно было быстро реагировать на положение дел в стране, решать возникавшие проблемы между центром и властью на местах, благотворительные организации и частные лица снимали определенную социальную напряженность [5, с. 74–76]. Многие люди поддерживали идею личной благотворительности. Создавались врачебные отряды, в составе которых были лучшие врачи и медсестры. Снабжались они медикаментами, одеждой, имели при себе оборудование; каждому отряду полагались полевая кухня и баня. Содержанием таких отрядов занимались благотворители: владельцы гастрономов Елисеевы, графини Надежда Толстая и Елизавета Воронцова-Дашкова.

Таким образом, в России в период Первой мировой войны функционировало множество благотворительных организаций, направленных на помощь людям, которые пострадали от военных действий. Данные структуры и учреждения возникали на фоне патриотического подъема среди населения, финансировались как государством, так и частными лицами. При плохо развитой инфраструктуре и общей сложности ситуации благотворительные организации облегчали жизнь многих людей в военное время.

Литература:

1. Степанова Л.Г. История России. Практикум. – М. : Издательство Юрайт, 2021. – 231 с.
2. Голотик С.И., Ипполитов С.С. Российское общество Красного Креста (1917–30-е гг.) // Новый исторический вестник. – 2001. – № 4. – С. 167–174.
3. Юдин Н.В. Патриотический подъем в начале Первой мировой войны: конструктивистский ракурс // Вестник МГИМО. – 2014. – Вып. 3. – С. 17–25.
4. Базанов С.Н. Великая война: как погибала русская армия. – М. : ООО «Издательство «Вече», 2014. – 404 с.
5. Шавлохова Е.С., Степанова Л.Г. Власть и общество в России и ее регионах в начале XX века: состояние, тенденции и противоречия развития // Культурная жизнь юга России. – 2014. – № 3 (54). – С. 74–76.

Literature:

1. Stepanova L.G. History of Russia. Practicum. – M. : Yurayt Publishing House, 2021. – 231 p.
2. Holotik S.I., Ippolitov S.S. Russian Red Cross Society (1917–30-ies) // New Historical Bulletin. – 2001. – № 4. – P. 167–174.
3. Yudin N.V. Patriotic enthusiasm at the beginning of the First world war: the constructivist perspective // Vestnik MGIMO. – 2014. – Vol. 3. – P. 17–25.
4. Bazanov S.N. The great war: how were killed in the Russian army. – M. : LLC «Publishing house «Veche», 2014. – 404 p.
5. Shavlokhova E.S., Stepanova L.G. Power and society in Russia and its regions at the beginning of the twentieth century: state, trends and contradictions of development // Cultural life of the South of Russia. – 2014. – № 3 (54). – P. 74–76.

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ВОЛЬТАМПЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ПЕРЕНОСА ИОНОВ БИНАРНОЙ СОЛИ В СЕЧЕНИИ КАНАЛА
ОБЕССОЛИВАНИЯ С УЧЕТОМ НЕКАТАЛИТИЧЕСКОЙ
РЕАКЦИИ ДИССОЦИАЦИИ/РЕКОМБИНАЦИИ**

**THEORETICAL CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTIC OF
THE TRANSPORT OF BINARY SALT IONS IN THE CROSS-SECTION
OF THE DESALINATION CHANNEL, TAKING INTO ACCOUNT
THE NON-CATALYTIC DISSOCIATION/RECOMBINATION
REACTION**

Гудза Инна Владимировна

Аспирантка кафедры «Прикладной математики»
факультета «Компьютерных технологий и прикладной математики»,
Кубанский государственный университет
shkorkina_inna@mail.ru

Коваленко Анна Владимировна

заведующая кафедрой «Анализ данных и искусственный интеллект»
факультета «Компьютерных технологий и прикладной математики»,
Кубанский государственный университет
savanna-05@mail.ru

Чубырь Наталья Олеговна

доцент кафедры «Прикладной математики»
института «Фундаментальных наук»,
Кубанский государственный технологический университет
chubyr-natalja@mail.ru

Письменский Александр Владимирович

доцент кафедры «Прикладной математики»
факультета «Компьютерных технологий и прикладной математики»,
Кубанский государственный университет
archer812@mail.ru

Аннотация. В работе предлагается формула для расчета теоретической вольтамперной характеристики (ВАХ) с использованием математической модели переноса ионов бинарной соли в сечении канала обессоливания. Определены свойства ВАХ в зависимости от вида соли и скорости развертки потенциала. Показано, что при маленьких скоростях развертки потенциала ВАХ имеет квазистационарный вид.

Ключевые слова: вольтамперная характеристика, мембранные системы, сечение канала обессоливания, математическая модель.

Gudza Inna Vladimirovna

Postgraduate student of the «Department of applied mathematics» of
faculty of computer technology and applied mathematics,
Kuban state University
shkorkina_inna@mail.ru

Kovalenko Anna Vladimirovna

Department Chair of «Data analysis and artificial intelligence» of
 faculty of «Computer technology and applied mathematics»,
 Kuban state University
 savanna-05@mail.ru

Chubyr Natalia Olegovna

Associate Professor of the «Department applied mathematics» of
 institute «Fundamental Sciences»,
 Kuban state technological University
 chubyr-natalja@mail.ru

Pismenskiy Alexander Vladimirovich

Associate Professor of the «Department of applied mathematics» of
 faculty of «Computer technology and applied mathematics»,
 Kuban state University
 archer812@mail.ru

Annotation. In this paper, we propose a formula for calculating the theoretical current-voltage characteristic (CVC) using a mathematical model of the transport of binary salt ions in the cross-section of the desalination channel. The properties of CVC are determined depending on the type of salt and the speed of the potential sweep. It is shown that at low potential sweep rates, the CVC has a quasi-stationary form.

Keywords: current-voltage characteristic, membrane systems, cross-section of the desalting channel, mathematical model.

Введение. Поскольку рост мирового населения и повышение уровня жизни приводят к увеличению спроса на потребление воды, человечество сегодня сталкивается с дефицитом воды, что, в свою очередь, стимулирует инновации в методах очистки воды [1]. Существуют различные технологии по очистке вод, но одна из наиболее перспективных в этой сфере, с таким важным преимуществом, как масштабируемость – это электродиализ (ЭД) [2]. Хорошо известно, что вольтамперная характеристика (ВАХ) является основной характеристикой ЭД. Она используется для определения значений предельного электрического тока, толщины диффузионных пограничных слоев, прилегающих к мембране, электрического сопротивления мембраны и сверхпредельной проводимости [3, 4]. В настоящее время имеются результаты по экспериментальным ВАХ, а теоретические рассчитаны только для случаев отсутствия реакций диссоциации/рекомбинации [5, 6]. Связано это с тем, что отсутствовала формула для устойчивого расчета ВАХ с учетом реакции диссоциации/рекомбинации. В связи с этим сначала выводится формула ВАХ в виде интегрального среднего и исследуются свойства теоретической ВАХ. Для вычисления теоретической ВАХ используется следующая математическая модель переноса ионов соли.

1. Математическая модель нестационарного переноса бинарной соли в сечении канала обессоливания в потенциодинамическом режиме

Система уравнений

Нестационарный перенос ионов соли в сечении канала обессоливания с учетом реакции диссоциации/рекомбинации молекул воды описывается следующей системой уравнений

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -\frac{\partial j_i}{\partial x} + R_i, \quad i = 1, \dots, A, \quad (1)$$

$$j_i = -z_i \frac{F}{RT_0} D_i C_i \frac{\partial \varphi}{\partial x} - D_i \frac{\partial C_i}{\partial x}, \quad i = 1, \dots, A, \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = -\frac{F}{\varepsilon_r} (z_1 C_1 + z_2 C_2 + z_3 C_3 + z_4 C_4). \quad (3)$$

$$R_1 = R_2 = 0, \quad R_3 = R_4 = k_d C_{H_2O} - k_r C_3 C_4 = k_r (k_w - C_3 C_4). \quad (4)$$

$$z_1 = 1, \quad z_2 = -1, \quad z_3 = 1, \quad z_4 = -1,$$

Где (1) – уравнения материального баланса; (2) – уравнения Нернста-Планка для потоков ионов натрия или калия (Na^+ , $i=1$), хлора (Cl^- , $i=2$), водорода (H^+ , $i=3$) и гидроксила (OH^- , $i=4$); (3) – уравнение Пуассона для потенциала электрического поля; (4) – формулы, описывающие реакцию диссоциации/рекомбинации молекул воды.

Где z_i – зарядовые числа катионов и анионов в растворе, C_i, j_i, D_i – концентрация, поток, коэффициент диффузии i -го иона, ε_r – диэлектрическая проницаемость раствора, R – универсальная газовая постоянная, F – число Фарадея, T – абсолютная температура, φ – потенциал, $E = -\frac{\partial \varphi}{\partial x}$ – напряженность электрического поля. Также,

$k_d = 2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{c}$ – константа скорости диссоциации молекул воды, $C_{H_2O} = 55.6 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$ – концентрация воды в растворе, $k_r = 1.33 \cdot 10^8 \frac{\text{м}^3}{\text{моль} \cdot \text{с}}$ – константа скорости рекомбинации ионов водорода и гидроксила, $k_w = \frac{k_d C_{H_2O}}{k_r} = 10^{-8} \frac{\text{моль}^2}{\text{м}^6}$ – константа.

Среднюю плотность тока для ВАХ будем рассчитывать по формуле (5) [6]

$$I_{av}(t) = \frac{1}{H} \int_0^H I_c(t, x) dx. \quad (5)$$

Краевые условия

Область применения данной модели – это исследование процессов переноса ионов 1 : 1 соли в длинном канале обессоливания, течение в котором отсутствует. Следовательно, распределение концентраций и потоков ионов, а также напряженности электрического поля в любом его поперечном сечении будут одинаковыми.

Граничные условия имеют вид:

при $x = 0$:

$$\left(-\frac{F}{RT} C_1 D_1 \frac{\partial \varphi}{\partial x} - D_1 \frac{\partial C_1}{\partial x} \right) (t, 0) = 0, \quad C_2(t, 0) = C_{2a}, \quad (6)$$

$$\left(-\frac{F}{RT} C_3 D_3 \frac{\partial \varphi}{\partial x} - D_3 \frac{\partial C_3}{\partial x} \right) (t, 0) = 0, \quad \frac{\partial C_4}{\partial x} (t, 0) = 0, \quad \varphi(t, 0) = 0. \quad (7)$$

при $x = H$:

$$C_1(t, H) = C_{1k}, \quad \left(\frac{F}{RT} C_2 \frac{\partial \varphi}{\partial x} - \frac{\partial C_2}{\partial x} \right) (t, H) = 0, \quad (8)$$

$$\frac{\partial C_3}{\partial x} (t, H) = 0, \quad \left(\frac{F}{RT} C_4 D_4 \frac{\partial \varphi}{\partial x} - D_4 \frac{\partial C_4}{\partial x} \right) (t, H) = 0, \quad (9)$$

$$\varphi(t, H) = \Delta \varphi(t). \quad (10)$$

Начальные условия в общем случае имеют вид:

$$C_i(0, x) = C_{i0}(x), \quad i = 1, \dots, 4, \quad \varphi(0, x) = \varphi_0(x). \quad (11)$$

Результаты численного исследования

Из рисунка 1 видно, что кривая ВАХ, с учетом реакций диссоциации/рекомбинации молекул воды для темпа прироста скачка потенциала, напрямую зависит от значениях d . Также стоит отметить, что при «большом» значении d возникает «всплеск», который достаточно быстро затухает. В дальнейшем, при выходе на квазистационарный режим, кривые абсолютно совпадают.

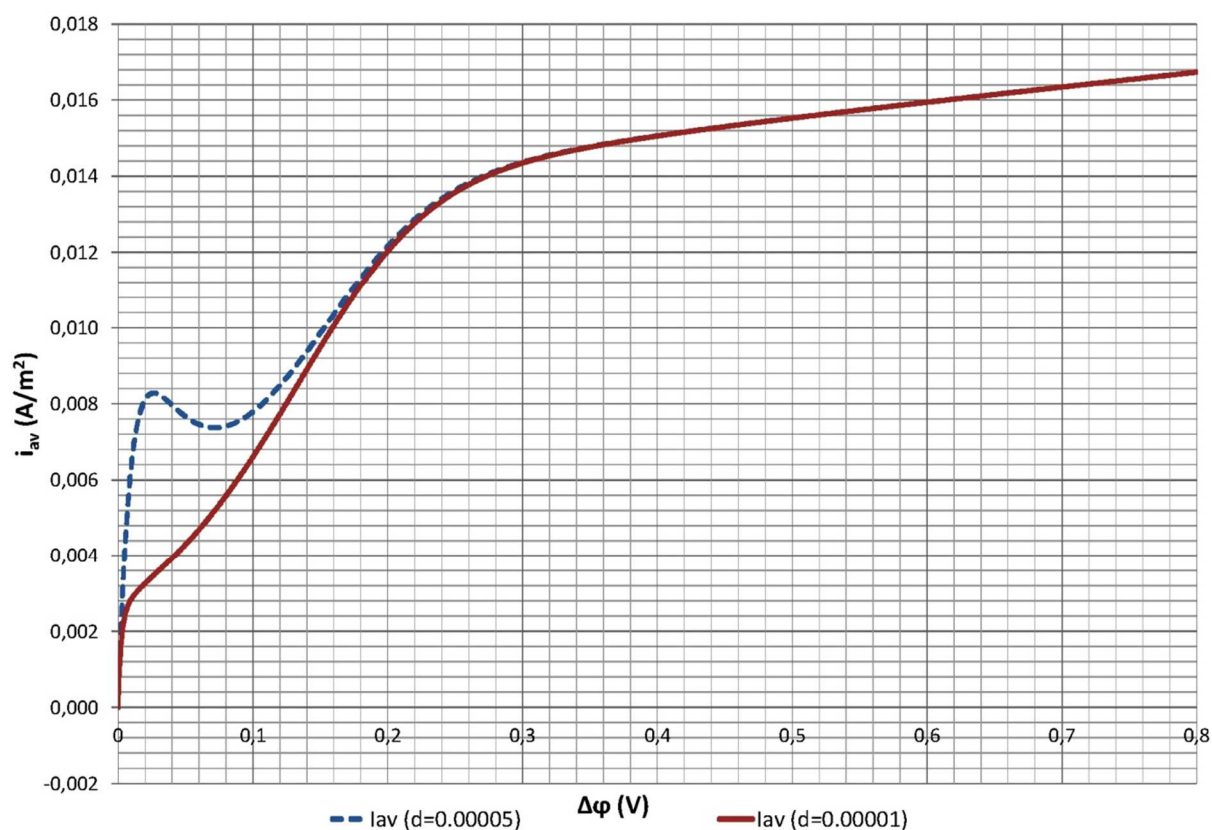


Рисунок 1 – Графики ВАХ для NaCl для скорости прироста скачка потенциала $d = 0,00001$ и $d = 0,00005$

В рисунке 1 по ординате приведены значения $i_{av}(t)$ – средняя плотность тока, по абсциссе – скачок потенциала в вольтах.

Заключение

В работе предлагается формула для расчета теоретической вольтамперной характеристики (ВАХ) с использованием математической модели переноса ионов бинарной соли в сечении канала обессоливания. Определены свойства ВАХ в зависимости от вида соли и скорости развертки потенциала. Показано, что при маленьких скоростях развертки потенциала ВАХ имеет квазистационарный вид.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 19-08-00252 А «Теоретическое и экспериментальное исследование вольтамперных характеристик электромембранных систем».

Литература / Literature:

1. Gude V.G. Desalination and water reuse to address global water scarcity // Rev. Environ. Sci. Biotechnol. – 2017. – № 16 (4). – P. 591–609.

2. Electrodialysis for water desalination: a critical assessment of recent developments on process fundamentals, models and applications / A. Campione [et al.] // *Desalination*. – 2018. – № 434. – P. 121–160.
3. V.M. Barragán, C. Ruíz-Bouzá. Current-voltage curves for ion-exchange membranes: a method for determining the limiting current density // *J. Colloid Interface Sci.* – 1998. – № 205. – P. 365–373.
4. A new derivation and numerical analysis of current-voltage characteristics for an ion-exchange membrane under limiting current density / R.Q. Fu [et al.] // *Desalination*. – 2005. – № 173. – P. 143–155.
5. Model and numerical experiment for calculating the theoretical current-voltage characteristic in electro-membrane systems / M.Kh. Urtenov [et al.] // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* – 2019. – № 680. P. 012030.
6. Prediction and analysis of current–voltage characteristic of transfer of binary salt ions in diffusion layer / N.O. Chubyr [et al.] // *International journal of mechanical and production engineering research and development*. – 2020. – № 10(3). – P. 4757–4764.

ПРИМЕНЕНИЕ МЯГКИХ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

APPLICATION OF FLEXIBLE TANKS FOR STORAGE OF OIL AND OIL PRODUCTS

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель кафедры
«Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
d.a.inozemtsev@mail.ru

Величко Евгений Иванович

кандидат технических наук,
доцент, заведующий кафедрой «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Музыкантова Анна Викторовна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Слепцов Александр Алексеевич

студент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
sleptsov.aa00@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматривается актуальность применения мягких резервуаров из полимеров в нефтегазовой отрасли. Также приведена краткая история развития данного направления.

Ключевые слова: мягкий резервуар, резиноканевый резервуар, полимерный резервуар, резервуары для нефти и нефтепродуктов

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University
d.a.inozemtsev@mail.ru

Velichko Yevgeny Ivanovich

Associate Professor, Department of equipment for oil and gas fields,
Head of Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University

Muzykantova Anna Viktorovna

senior lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University

Sleptsov Alexandr Alekseevich

Student of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban State Technological University
sleptsov.aa00@gmail.com

Annotation. This article discusses the relevance of the use of flexible reservoirs made of polymers in the oil and gas industry. A brief history of the development of this direction is also included.

Keywords: flexible tank, rubber-fabric tank, polymer tank, tanks for oil and oil products

Мягкий резервуар представляет собой замкнутую оболочку с вмонтированной арматурой. Впервые подобные резервуары были применены военной отрасли. В 1953 году данные резервуары были приняты на вооружение советских войск с целью хранения и транспортировки нефтепродуктов. Опыт их эксплуатации оказался удачным. Военные отмечали компактность и портативность подобных решений, также было важно отсутствие потерь на «дыхание» резервуара, хотя потери и имели место в виде утечек через конструкционный материал резервуара. Среди недостатков выделяли большой вес и плохую морозостойкость, что являлось следствием изготовления прорезиненной ткани методом вулканизации. В 1980-х годах начинается выпуск мягких резервуаров нового типа за рубежом, их основным материалом становятся полимерные соединения.

Использование полимеров позволило снизить вес резервуаров в 5–6 раз и решить проблему морозостойкости. Новые резервуары получили широкое распространение в топливно-энергетическом комплексе и на различного рода производствах. Также отличительной особенностью резервуаров нового типа является высокая устойчивость к химическим соединениям. Некоторые производители заявляют, что в их резервуарах допускается хранение кислот.

Самым распространенным объемом резервуара для склада ГСМ является 250 м³, он признан оптимальным. Его вес в опорожненном состоянии составляет около 400–600 кг. Монтаж и транспортировка подобного резервуара не требует привлечения тяжелой техники или большого количества персонала. При заполнении он принимает форму «подушки» и достигает около полутора метров в высоту и до 16 метров в длину и ширину. Резервуары рассчитаны на срок службы 10 или более лет. Цена мягкого резервуара объемом 250 м³ составляет около 500–600 тыс. рублей, что значительно дешевле чем постройка РВС того же объема. Однако при создании больших стационарных хранилищ нефти и нефтепродуктов предпочтение все еще отдается стальным вертикальным резервуарам, так как с ростом их объема падает удельная стоимость хранения продукции. Их срок службы и опыт эксплуатации кратно превышает срок службы мягких резервуаров.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что на текущий момент область рентабельного применения мягких резервуаров ограничивается применением в условиях необходимости разворачивания склада ГСМ или других жидкостей без постройки классических резервуаров типа ЖБР, РВС, РГС; при необходимости временного хранилища для жидкостей при проведении работ по ремонту и обслуживанию оборудования, например, при обслуживании трансформаторов. Среди недостатков мягких резервуаров можно выделить маленький объем одного резервуара (обычно до 500 м³) и особенности ремонта и обслуживания.

Литература:

1. Расчет диагностического параметра вибраций для оценки технического состояния подшипников скольжения ГТУ / М.А. Абессоло [и др.] // Экспозиция Нефть Газ. – 2017. – № 6 (59). – С. 63–66.
2. Иноземцев Д.А., Степанов М.С., Колесник И.А. Техническая диагностика как инструмент определения текущего состояния газонефтетранспортных систем // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 145–147.
3. Анализ методик диагностирования ГПА по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 152–155.
4. Степанов М.С., Иноземцев Д.А. Факторы, влияющие на эксплуатационную надежность нефтегазопроводов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 134–138.
5. Величко Е.И., Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов // REFERATOTECH : материалы Международной

научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.

6. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.

7. Неисправности выявляемые методом диагностирования гтд по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.

8. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.

9. Velichko E.I., Muzykantova A.V., Inozemtsev D.A. Possibility of extended analysis of operating efficiency of rotary-type machine roller bearings // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference «EarthScience». – 2020. – С. 052080.

10. Моделирование технологических процессов транспорта газа в магистральных трубопроводах / П.С. Кунина [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2016. – № 5. – С. 30–33.

Literature:

1. Calculation of the diagnostic parameter of vibrations to assess the technical condition of the GTU sliding bearings / M.A. Abessolo [et al.] // Exposition Oil Gas. – 2017. – № 6 (59). – P. 63–66.

2. Inozemtsev D.A., Stepanov M.S., Kolesnik I.A. Technical diagnostics as a tool to determine the current state of gas and oil transportation systems // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 145–147.

3. Analysis of methods of GPA diagnosis by thermogasdynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 152–155.

4. Stepanov M.S., Inozemtsev D.A. Factors affecting the operational reliability of oil and gas pipelines // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 2. – P. 134–138.

5. Velichko E.I., Kesova E.F., Inozemtsev D.A. Analysis of features and calculation of gearboxes of multipliers // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.

6. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.

7. Malfunctions detected by the method of diagnosis of gtrs by thermo-gas-dynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.

8. Inozemtsev D.A., Tereschenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnostics of gas compressor units // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.

9. Velichko E.I., Muzykantova A.V., Inozemtsev D.A. Possibility of extended analysis of operating efficiency of rotary-type machine roller bearings // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference «EarthScience». – 2020. – P. 052080.

10. Modeling of technological processes of gas transport in trunk pipelines / P.S. Kuni-na [et al.] // Territory Neftgaz. – 2016. – № 5. – P. 30–33.

ТРУБЫ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА С ВЫСОКОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

LARGE DIAMETER PIPES WITH HIGH DEFORMATION CAPACITY

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель

кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,

Кубанский государственный технологический университет

d.a.inozemtsev@mail.ru

Ковалева София Сергеевна

магистр кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,

Кубанский государственный технологический университет

sofiyakovaleva@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены преимущества использования труб большого диаметра с повышенной деформационной способностью на участках, характеризующихся сложными геолого-климатическими условиями, их отличительные свойства и способы производства.

Ключевые слова: трубопровод, деформационная способность трубопроводов, гофрообразования, коэффициент деформационного упрочнения.

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields,

Kuban State Technological University

d.a.inozemtsev@mail.ru

Kovaleva Sofiya Sergeevna

Magister of the Department of equipment for oil and gas fields,

Kuban State Technological University

sofiyakovaleva@mail.ru

Annotation. This article discusses the advantages of using large-diameter pipes with increased deformation capacity in areas characterized by difficult geological and climatic conditions, their distinctive properties and production methods.

Keywords: pipeline, deformation capacity of pipelines, corrugation, strain hardening coefficient.

В настоящее время наблюдается значительный рост потребления трубной продукции ведущими, с точки зрения вклада во внутренний валовый продукт, отраслями отечественной промышленности. Всестороннее научно-техническое развитие нефтяной и газовой отрасли диктует новые, все более жесткие требования к трубной продукции.

Так для обеспечения надежности безопасной транспортировки нефти, газа или нефтепродуктов на участках, характеризующихся сложными геолого-климатическими условиями, необходимо повышать деформационную способность трубопроводов. В соответствии с классическим подходом к проектированию магистрального трубопровода, при пересечении магистральной трассы таких участков для увеличения деформационной способности используют трубы меньшего диаметра, но с большей толщиной стен-

ки. В таком случае для поддержания высокой пропускной способности трубопроводов увеличивают количество самих веток трубопроводов, что в итоге является экономически не выгодно. Решением такой проблемы является использование труб большого диаметра, обладающих высокой деформационной способностью, достигнутой за счет улучшения свойств основного металла, или так называемых труб с повышенной деформационной способностью.

Особенностью таких труб является повышение сопротивления локализации пластических деформаций, т.е способность деформироваться при изгибе без гофрообразования в области сжимающих напряжений, и сохранение целостности при деформировании трубы с гофром. Применение труб с повышенной деформируемостью для магистральных трубопроводов несомненно перспективно, поскольку дает возможность уменьшить металлоемкость трубопровода и сократить затраты на его строительство. Такой вид трубопроводов появился сравнительно недавно в результате развития металлургического, листопрокатного и трубного производства.

Повышенная деформационная способность труб обеспечивается посредством формирования специального типа микроструктуры основного металла. Аналитические исследования показывают, что для повышения коэффициента деформационного упрочнения оптимальный тип микроструктуры – двухфазный. Стали, состоящие из твердой и мягкой фазы, имеют высокий коэффициент деформационного упрочнения. Так при деформации однофазного феррита возникают полосы Чернова-Людерса, и наблюдается площадка текучести. А в двухфазной феррито-бейнитной стали, площадка текучести исчезает после достижения определенной объемной доли бейнита. При этом коэффициент деформационного упрочнения растет с увеличением разницы в прочностных характеристиках между матрицей и второй фазой.

К сожалению, опыт производства труб большого диаметра и проката с повышенной деформационной способностью на российских трубных заводах и в листопрокатных цехах еще не достаточно большой.

Литература:

1. Иноземцев Д.А., Степанов М.С., Колесник И.А. Техническая диагностика как инструмент определения текущего состояния газонефтегазотранспортных систем // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 145–147.

2. Анализ методик диагностирования ГПА по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 152–155.

3. Степанов М.С., Иноземцев Д.А. Факторы, влияющие на эксплуатационную надежность нефтегазопроводов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 134–138.

4. Величко Е.И., Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.

5. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.

6. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.

7. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.

8. Velichko E.I., Muzykantova A.V., Inozemtsev D.A. Possibility of extended analysis of operating efficiency of rotary-type machine roller bearings // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference «EarthScience». – 2020. – С. 052080.

9. Моделирование технологических процессов транспорта газа в магистральных трубопроводах / П.С. Кунина [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2016. – № 5. – С. 30–33.

10. Величко Е.И., Музыкантова А.В., Иноземцев Д.А. Возникновение отказов энергетического оборудования нефтегазовой отрасли в зависимости от периода его эксплуатации // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне / ФГБОУ ВО «КубГТУ». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 23–28.

Literature:

1. Inozemtsev D.A., Stepanov M.S., Kolesnik I.A. Technical diagnostics as a tool to determine the current state of gas-oil-transport systems // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 145–147.

2. Analysis of methods of GPA diagnosis by thermogasdynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 2. – P. 152–155.

3. Stepanov M.S., Inozemtsev D.A. Factors affecting the operational reliability of oil and gas pipelines // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 2. – P. 134–138.

4. Velichko E.I., Kesova E.F., Inozemtsev D.A. Analysis of features and calculation of gearboxes of multipliers // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.

5. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.

6. Malfunctions detected by method of diagnosing gtrs by thermo-gas-dynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.

7. Inozemtsev D.A., Tereschenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnostics of gas-compressor units // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.

8. Velichko E.I., Muzykantova A.V., Inozemtsev D.A. Possibility of extended analysis of operating efficiency of rotary-type machine roller bearings // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference «EarthScience». – 2020. – P. 052080.

9. Modeling of technological processes of gas transport in trunk pipelines / P.S. Kunina [et al.] // Territory Neftegaz. – 2016. – № 5. – P. 30–33.

10. Velichko E.I., Muzykantova A.V., Inozemtsev D.A. Occurrence of failures of power equipment of oil and gas industry depending on the period of its operation // Nauka. New generation. Success : Proceedings of International Scientific-Practical Conference devoted to the 75-th anniversary of the Victory in the Great Patriotic War / FGBOU VO «KubGTU». – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 23–28.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ СГЛАЖИВАНИЯ ВОЛН ДАВЛЕНИЯ

APPLICATION OF PRESSURE WAVE SMOOTHING SYSTEMS

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
d.a.inozemtsev@mail.ru

Апанаева Диана Равильевна

студент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
dapanaeva@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются системы сглаживания волн давления и защиты от гидроудара (ССВД), предназначенные для защиты трубопровода и оборудования от разрушительных волн давления.

Ключевые слова: нефтепровод, система сглаживания волн давления, насосный агрегат, рабочее давление.

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University
d.a.inozemtsev@mail.ru

Apanaeva Diana Ravilievna

Student of the Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University
dapanaeva@mail.ru

Annotation. This article discusses pressure wave mitigation and water hammer protection systems (SSVP) designed to protect the pipeline and equipment from destructive pressure waves.

Keywords: oil pipeline, pressure wave smoothing system, pumping unit, working pressure.

В процессе эксплуатации магистральных нефтепроводов на насосных перекачивающих станциях периодически происходит пуск и остановка насосных агрегатов. Изменение режима перекачки может быть вызвано открытием/закрытием задвижек и/или изменением режимов работы насосных агрегатов. Кроме плановых остановок-пусков насосных агрегатов, связанных с необходимостью изменения режима работы нефтепровода, могут происходить несанкционированные остановки насосов или всей НПС. При остановке насосного агрегата или НПС на приеме станции происходит резкое изменение скорости движения нефти, и вследствие инерционности потока происходит рост давления, при этом скорость нарастания давления может достигать нескольких МПа в секунду. При этом формируется волна высокого давления, перемещающаяся со скоростью, близкой к скорости звука в направлении предшествующей НПС. На входе в НПС рабочее давление на порядок меньше давления, определяющего несущую способность трубопровода, а запас по прочности значителен. Иная ситуация на выходе НПС, предшествующей остановившейся: рабочее давление здесь может до-

стигать предела несущей способности трубопровода. И несмотря на затухание волны давления при перемещении по трубопроводу, скачок давления от гидроудара может оказаться достаточным для разрушения трубопровода и запорной арматуры. Последствия таких нарушений могут привести к значительным экономическим потерям. Речь идет не только о финансовых потерях в результате выхода из строя оборудования, но и об экологических катастрофах. Поэтому для защиты трубопровода и оборудования от разрушительных волн давления были разработаны системы сглаживания волн давления и защиты от гидроудара (ССВД).

Система Сглаживания Волн Давления (ССВД) относится к классу защиты магистральных трубопроводов, работающих на жидких средах. Основу ССВД составляют сбросные клапаны. В зависимости от требуемого расхода их может быть от двух до четырех в блоке с одинаковым DN, которое также зависит от расхода. При этом, один сбросной клапан – резервный, а остальные должны обеспечить необходимый расход.

Сглаживание с помощью ССВД волны давления, образующейся на входе в НПС при ее остановке, производится за счет сброса «лишней» нефти из трубопровода в безнапорную емкость. Тем самым исключается быстрое торможение потока нефти в трубопроводе, приводящее к резкому росту давления. При этом система настроена таким образом, что сбросные клапаны открываются ровно настолько, чтобы обеспечить нарастание давления в строго заданных пределах (0,01–0,03 МПа в секунду). Конструктивно системы имеют существенные различия. Однако принцип работы ССВД всех типов схож.

Характеристики ССВД, включая количество и типоразмер клапанов сброса, определяются на основе расчёта переходных процессов, возникающих с момента отключения насосных агрегатов на НПС.

Литература:

1. Величко Е.И., Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.

3. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.

4. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.

5. Velichko E.I., Muzykantova A.V., Inozemtsev D.A. Possibility of extended analysis of operating efficiency of rotary-type machine roller bearings // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference «EarthScience». – 2020. – С. 052080.

6. Моделирование технологических процессов транспорта газа в магистральных трубопроводах / П.С. Кунина [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2016. – № 5. – С. 30–33.

7. Величко Е.И., Музыкантова А.В., Иноземцев Д.А. Возникновение отказов энергетического оборудования нефтегазовой отрасли в зависимости от периода его эксплуатации // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне / ФГБОУ ВО «КубГТУ». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 23–28.

8. Принципы построения и структура системы диагностического обслуживания газоперекачивающих агрегатов / Д.А. Иноземцев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 148–151.

9. Величко Е.И., Иноземцев Д.А. Роль параметрической диагностики в общей системе определения текущего технического состояния газоперекачивающих агрегатов // Проблемы геологии, разработки и эксплуатации месторождений и транспорта трудно-извлекаемых запасов углеводородов : материалы Всероссийской научно-технической конференции (с международным участием). – 2021. – С. 238–241.

10. Формирование математической модели спектра вибрации, отражающей повреждения элементов подшипника качения роторных агрегатов / Е.И. Величко [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 6 (330). – С. 27–32.

Literature:

1. Velichko E.I., Kesova E.F., Inozemtsev D.A. Analysis of features and calculation of multiplier gears // REFERATOTECH : proceedings of International scientific-practical conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.

3. Failures revealed by the method of diagnosis of gtrs according to the thermo-gas-dynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.

4. Inozemtsev D.A., Tereschenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnostics of gas compressor units // REFERATOTECH : proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.

5. Velichko E.I., Muzykantova A.V., Inozemtsev D.A. Possibility of extended analysis of operating efficiency of rotary-type machine roller bearings // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference «EarthScience». – 2020. – P. 052080.

6. Modeling of technological processes of gas transport in trunk pipelines / P.S. Kunina [et al.] // Territory Neftegaz. – 2016. – № 5. – P. 30–33.

7. Velichko E.I., Muzykantova A.V., Inozemtsev D.A. Occurrence of failures of power equipment of oil and gas industry depending on the period of its operation // Nauka. New generation. Success : Proceedings of International Scientific-Practical Conference devoted to the 75-th anniversary of the Victory in the Great Patriotic War / FGBOU VO «KubGTU». – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 23–28.

8. Principles of Construction and Structure of Diagnostic Maintenance System of Gas-Pumping Units / D.A. Inozemtsev [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 148–151.

9. Velichko E. I., Inozemtsev D. A. The role of parametric diagnostics in the overall system of determining the current technical state of gas compressor units // Problems of geology, development and operation of fields and transport of difficult-to-recover hydrocarbon reserves : Proceedings of All-Russian Scientific and Technical Conference (with international participation). – 2021. – P. 238–241.

10. Formation of a mathematical model of the vibration spectrum reflecting the damage of the rolling bearing elements of rotor units / E.I. Velichko [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 6 (330). – P. 27–32.

РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ В ЗОНАХ ПОВЫШЕННОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

COMMON TECHNICAL SOLUTIONS FOR MONITORING IN AREAS OF INCREASED SEISMIC ACTIVITY

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
d.a.inozemtsev@mail.ru

Величко Евгений Иванович

кандидат технических наук,
доцент, заведующий кафедрой «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Музыкантова Анна Викторовна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Кесова Елизавета Феодоровна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Слепцов Александр Алексеевич

студент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В данной статье описаны различные технические решения, активно применяемые проектными институтами при повышенной сейсмической нагрузке на нефтепровод. В соответствии с требованиями п.9.4.12 СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы для трубопроводов номинальным диаметром DN 500 и более на участках пересечений активных тектонических разломов и участках с сейсмичностью 6 баллов по шкале MSK-64 и более необходим инструментальный мониторинг колебаний трубопровода и окружающего грунтового массива при землетрясениях, для чего могут использоваться технические решения, описанные в данной статье.

Ключевые слова: магистральный нефтепровод, подземная прокладка, активные тектонические разломы, сейсмическая активность, система контроля сейсмических воздействий, интеллектуальные вставки.

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University
d.a.inozemtsev@mail.ru

Velichko Yevgeny Ivanovich

Associate Professor, Department of equipment for oil and gas fields,
Head of Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University

Muzykantova Anna Viktorovna

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University

Kesova Elizaveta Feodorovna

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban state technological University

Sleptsov Alexandr Alekseevich

Student of the Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University

Annotation. This article describes various technical solutions actively used by design institutes under increased seismic load on the oil pipeline. In accordance with the requirements of clause 9.4.12 of SP 36.13330.2012 Trunk pipelines for pipelines with a nominal diameter of DN 500 or more in areas of active tectonic fault crossings and areas with a seismicity of 6 points on the MSK-64 scale or more, instrumental monitoring of pipeline and surrounding ground mass vibrations during earthquakes is required, for which the technical solutions described in this article can be used.

Keywords: oil trunk pipeline, underground laying, active tectonic faults, seismic activity, seismic impact control system, intelligent inserts.

Установка системы контроля сейсмических воздействий

Система контроля сейсмических воздействий предназначена для регистрации сейсмических сигналов от близких (включая местные) землетрясений, их первичной обработки и передачи данных средствами единой автоматизированной системы управления в территориально диспетчерский пункт трубопроводной системы на автоматизированное место рабочего системы контроля за сейсмическими воздействиями. Она предназначена для формирования предупреждения диспетчерского персонала ТДП посредством световой и звуковой сигнализации факта события превышения 6 и 8 баллов сейсмической активности. Система должна обеспечивать:

- регистрацию в режиме реального времени данных по сейсмической обстановке в зоне прохождения нефтепровода;
- математическую обработку измеренных физических величин на уровне сейсмостанции и формирование сигналов (вида «сухой контакт»);
- передачу в территориально диспетчерский пункт (основной и резервный) непрерывного потока сейсмических данных;
- формирование и передачу в территориально диспетчерский пункт средствами единой системы управления сигнала о превышении установленных пороговых значений;
- визуализацию на уровне территориально диспетчерского пункта (основного и резервного) полученной информации от сейсмостанции;
- хранение сейсмической информации, как на уровне сейсмостанции, так и на уровне территориально диспетчерского пункта;
- передачу данных в информационные системы (по протоколу Open Platform Communications или специализированного открытого драйвера) на уровне территориально диспетчерского пункта.

Система контроля за сейсмическими воздействиями состоит из стационарной сейсмостанции и информационно-вычислительного комплекса для обработки и хранения сейсмических данных в территориально диспетчерский пункт.

Установка «интеллектуальных вставок»

Для определения напряжённо-деформированного состояния трубопровода в районах сейсмической активности устанавливаются «интеллектуальные вставки». При наличии активных тектонических разломов на них устанавливается одна «интеллекту-

альная вставка», при этом место расположения «интеллектуальной вставки» совпадает с границей разлома с точностью до 20 м. Интеллектуальные вставки представляют собой комплект приборов, устанавливаемых в заводских условиях «на катушку» трубы для последующей врезки в нефтепровод.

Монтаж «интеллектуальной вставки» производится непосредственно в траншее нефтепровода. Приварка изделия осуществляется гарантийными стыками.

OPC – Open Platform Communications. Семейство программных технологий, предоставляющих единый интерфейс для управления объектами автоматизации и технологическими процессами; АРМ – автоматизированное рабочее место; СДКУ – система диспетчерского контроля и управления; СКСВ – система контроля сейсмических воздействий; БК ПКУ – блок-контейнер пункта контроля и управления.

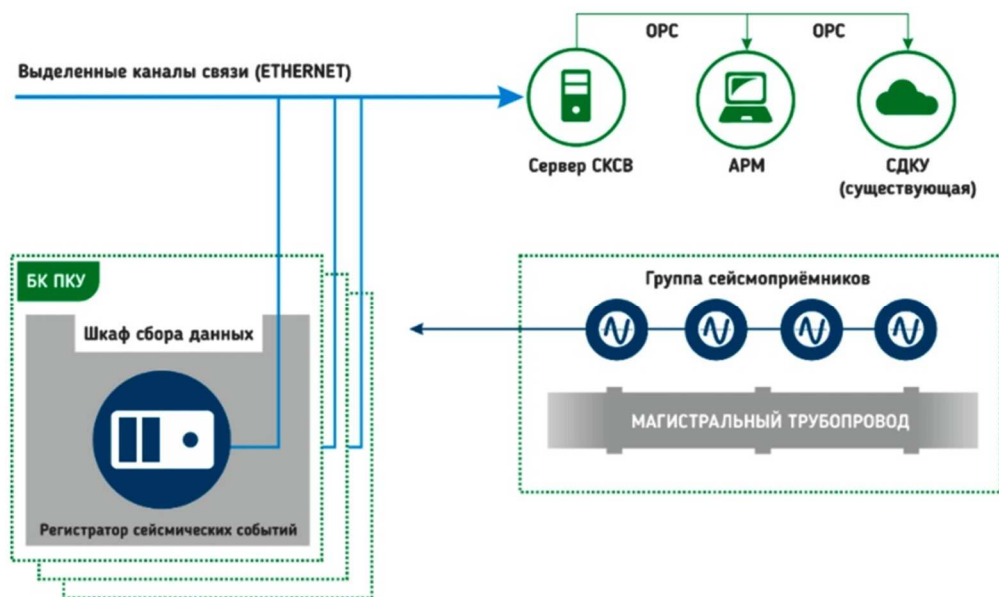


Рисунок 1 – Схема системы контроля сейсмических воздействий

Конструктивно в состав «интеллектуальной вставки», изображенной на рисунке 2 входит:

- измерительный патрубок, оборудованный комплектом привариваемых высокостабильных тензорезисторов, обеспечивающих измерение деформации в трех направлениях;
- термokonтейнер с комплектом вторичных преобразователей и процессором, располагаемых подземно и обеспечивающих измерение сигналов тензорезисторов, тока и защитного потенциала электрода сравнения;
- контрольно-измерительный пункт.

От первичных датчиков, смонтированных на катушке, показания передаются на блок вторичных преобразователей, размещённых в блок-боксе пункта контроля и управления. Для передачи информации в территориальный диспетчерский пункт на автоматизированное рабочее место системы контроля за сейсмическими воздействиями в блок-боксе пункта контроля и управления устанавливается абонентская станция системы широкополосного радиодоступа. Кроме этого, абонентская станция обеспечивает передачу информации от охранно-пожарной сигнализации, представляет услуги телефонной связи доступа в административно-производственную сеть передачи данных.

В случае неисправности каналов радиорелейной связи информация от «интеллектуальной вставки» принимается в режиме «посещения». Информация передаётся путём подключения персонального компьютера к клеммнику, поставляемого комплектно с «интеллектуальной вставкой».

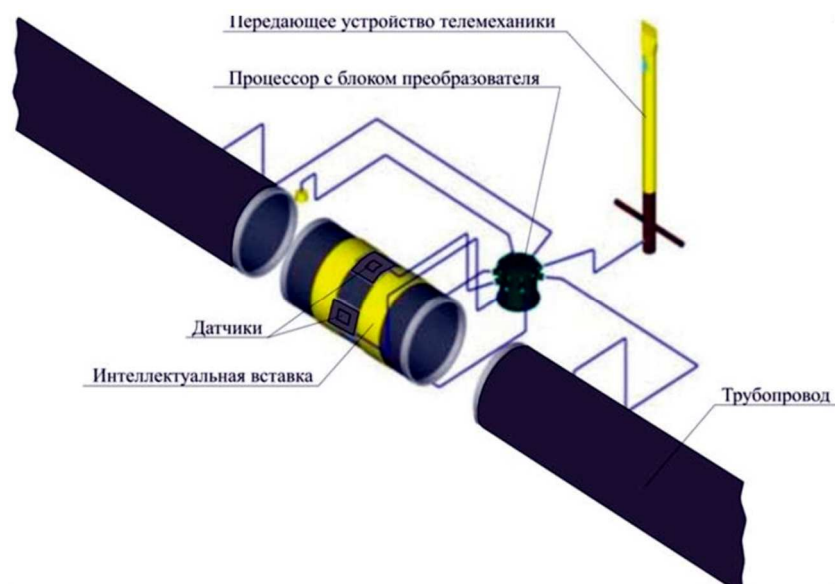


Рисунок 2 – Схема трубопровода с «интеллектуальной вставкой»

Литература:

1. Величко Е.И., Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.
2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.
3. Неисправности выявляемые методом диагностирования гтд по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.
4. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.
5. Кесова Е.Ф., Терещенко И.А. Обзор метода ультразвуковой дефектоскопии // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т.3 – С. 43–46.
6. Кесова Е.Ф., Терещенко И.А. Методы анализа вибраций редукторов в диагностике // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 40–42.
7. Приходько М.Г., Кесова Е.Ф., Бунякин А.В. Расчет и оптимизация теплового насоса в комбинации с бинарной энергоустановкой для использования отработавших нефтяных и газовых скважин в качестве теплового коллектора // Сборник лучших научных работ молодых ученых Кубанского государственного технологического университета, отмеченных наградами на конкурсах. – Краснодар, 2018. – С. 72–74.
8. Анализ дефектов опорных элементов газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций магистральных газопроводов / П.С. Кунина [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2016. – № 4. – С. 68–75.
9. Проблемы анализа технического состояния современных приводов компрессорных установок магистральных газопроводов / П.С. Кунина [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2019. – № 3. – С. 56–58.

10. Величко Е.И. Совершенствование методов диагностики промышленного оборудования, обеспечивающих сокращение потерь скважинной продукции, с целью повышения его эффективности : дисс. ... канд. техн. наук / Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2010.

Literature:

1. Velichko E.I., Kesova E.F., Inozemtsev D.A. Analysis of features and calculation of multiplier gears // REFERATOTECH : Proceedings of International scientific-practical conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.

3. Malfunctions detected by the method of gtr diagnosis by the thermogasdynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.

4. Inozemtsev D.A., Tereschenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnostics of gas compressor units // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.

5. Kesova E.F., Tereshchenko I.A. Review of the method of ultrasonic flaw detection // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 43–46.

6. Kesova E.F., Tereschenko I.A. Methods of analysis of gearbox vibrations in diagnostics // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 40–42.

7. Prikhodko M.G., Kesova E.F., Bunyakin A.V. Calculation and optimization of a heat pump in combination with a binary power plant to use waste oil and gas wells as a heat collector // Collection of the best scientific papers of young scientists of Kuban State Technological University, awarded at competitions. – Krasnodar, 2018. – P. 72–74.

8. Analysis of defects of supporting elements of gas compressor units of compressor stations of main gas pipelines / P.S. Kunina [et al.] // Territoria Neftegaz. – 2016. – № 4. – P. 68–75.

9. Problems of analyzing the technical condition of modern drives of compressor units of main gas pipelines / P.S. Kunina [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2019. – № 3. – P. 56–58.

10. Velichko E.I. Improvement of diagnostic methods of field equipment, providing reduction of losses of well products, in order to improve its efficiency : dissertation. Candidate of Technical Sciences / Kuban State Technological University. – Krasnodar, 2010.

**РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ НЕФТЕПРОВОДА
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА НЕГО СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

**COMMON TECHNICAL SOLUTIONS FOR ENSURING
THE STABILITY OF AN OIL PIPELINE WHEN EXPOSED
TO SEISMIC LOADS**

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
d.a.inozemtsev@mail.ru

Величко Евгений Иванович

кандидат технических наук,
доцент, заведующий кафедрой «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Музыкантова Анна Викторовна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Кесова Елизавета Феодоровна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Слепцов Александр Алексеевич

студент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В данной статье описаны различные технические решения, активно применяемые проектными институтами при повышенной сейсмической нагрузке на нефтепровод, например, при прохождении трассой нефтепровода активных тектонических разломов или мест с повышенной сейсмической активностью.

Ключевые слова: магистральный нефтепровод, подземная прокладка, тектонические разломы, сейсмическая активность, компенсаторы сейсмических воздействий.

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University
d.a.inozemtsev@mail.ru

Velichko Yevgeny Ivanovich

Associate Professor, Department of equipment for oil and gas fields,
Head of Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University

Muzykantova Anna Viktorovna

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University

Kesova Elizaveta Feodorovna

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban state technological University

Sleptsov Alexandr Alekseevich

Student of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban State Technological University

Annotation. This article describes various technical solutions that are actively used by design institutes under increased seismic load on the oil pipeline, for example, when the pipeline route passes active tectonic faults or places with increased seismic activity.

Keywords: oil trunk pipeline, underground laying, tectonic faults, seismic activity, compensators of seismic impacts.

При проектировании магистральных трубопроводов сейсмостойкость прежде всего обеспечивается выбором наиболее благоприятных с точки зрения сейсмической активности участков трасс и площадок строительства. Однако даже наиболее оптимальная трасса трубопровода зачастую может быть подвержена сейсмическим воздействиям. В Российской Федерации около 20 % территорий подвержены регулярной сейсмической активности в районе 7 баллов. Среди этих территорий выделяются наиболее перспективные регионы с точки зрения транспортировки углеводородов трубопроводным методом (Кавказ, горная местность Восточной Сибири, Горный Алтай и т.д.).

При прокладке трубопроводов в подобных условиях должен выполняться ряд требований, установленный СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмический районах» и СП 36.13330.2012 «Магистральные трубопроводы». СП 14.13330.2018 регламентирует требования при проектировании зданий и сооружений, возводимых на площадках сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов. При этом требования к строительству линейных сооружений в данном нормативе отсутствуют. СП 36.13330.2012 определяет методы расчета напряжений трубопроводов с учетом действия сейсмических нагрузок, направленных вдоль продольной оси трубопровода. Расчет нагрузок, направленных по нормали к продольной оси трубопровода, не производится.

В практике строительства и проектирования магистральных трубопроводов были выделены наиболее распространённые технические решения, направленные на увеличение сейсмостойкости трубопровода. Их описание представлено ниже.

Установка компенсаторов сейсмических воздействий

При проектировании нефтепроводов в зонах с сейсмической активностью или в грунтах с отличающимися свойствами рекомендуется предусмотреть компенсацию продольных деформаций. Данный метод используется на горизонтальных или открытых наклонных компенсационных зонах, сооружаемых в местах поворота трассы в плане.

Для компенсации продольных деформаций нефтепровода применяют компенсаторы П-, Г-, S-, Z-образного или трапецеидального вида. Любой компенсатор должен обеспечивать пропускную способность, заданную проектом строительства и эксплуатацию диагностических, разделительных и очистных устройств. Необходимость в установке компенсатора появляется только если способности трубопровода самостоятельно компенсировать продольные перемещения является недостаточной из-за особенностей конфигурации трассы и упругих свойств материала трубопровода. Компенсация не за счет естественного поворота трассы применяется в основном при надземной прокладке трубопровода за счет установки трубопровода на подвижные крепления.

При повороте трассы нефтепровода от 45° и более для компенсации деформаций используют угол поворота трассы, не меняя его конфигурацию. Данный метод компенсации является наиболее выгодным, так как не требует установки дополнительных конструкций и может быть легко выполнен при сохранении подземной прокладки трубопровода.

Увеличение степеней перемещения трубопровода

Для повышения сейсмостойкости подземного нефтепровода, следует оборудовать траншею для создания возможности подвижек нефтепровода без его существенной деформации и разрушения в случае проявления сейсмической активности. Часто применяются траншеи трубопровода с пологими откосами.

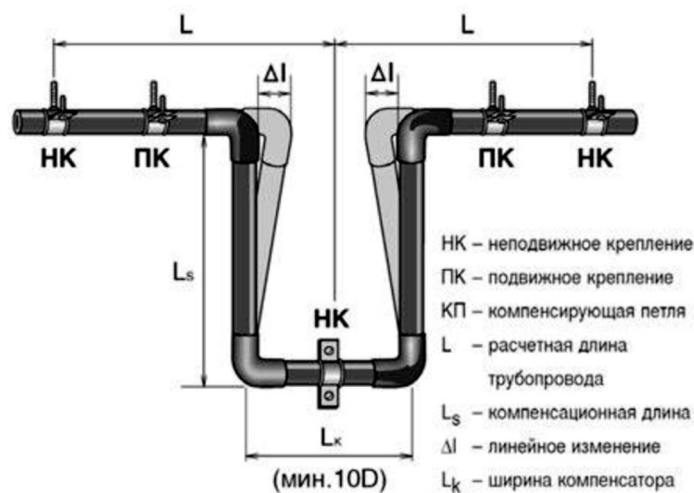


Рисунок 1 – Схема работы П-образного компенсатора

По данным расчётов установлено, что нефтепроводы диаметром 1220 мм и толщиной стенки 11,5 мм при подземной укладке и слое засыпки до 100 см выдерживают перемещение грунта по линии разлома до 3 м, при условии смещения нефтепровода с небольшим сопротивлением по обе стороны сброса на участках около 50 м.

Траншея нефтепровода в районах с сейсмической активностью отличается формой, материалом засыпки и размером от обычной траншеи. Данные факторы помогают обеспечить подвижность нефтепровода и предотвратить его повреждение во время землетрясения.

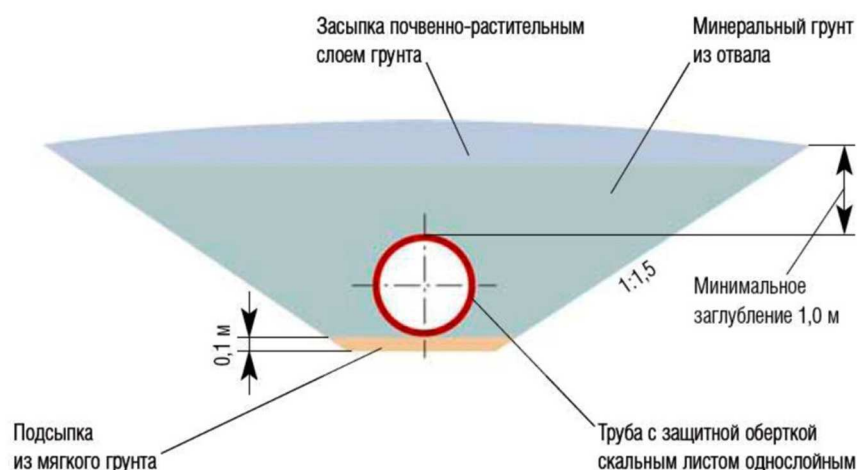


Рисунок 2 – Прокладка в траншее в скальных и полускальных грунтах при сейсмичности более 8 баллов

Для использования подземной прокладки нефтепровода на участках с высокой сейсмичностью необходимо принять во внимание следующие сейсмические воздействия:

1. Продольная сейсмическая волна:
 - сейсмическое ускорение, определяемое по данным сейсмического районирования и микрорайонирования;

- преобладание периода сейсмических воздействий массива грунта, определяемое при изысканиях;
 - скорость распространения продольных сейсмических волн вдоль оси нефтепровода в массиве грунта и коэффициент защемления трубопровода.
2. Активный тектонический разлом:
- обеспечение пологими откосами поперечного сечения траншеи 1:1,5;
 - засыпку следует производить крупнозернистым песком (СНиП 2.05.06-85 п. 5.36);
 - заглубление нефтепровода учитывается минимально-допустимым.

Литература:

1. Величко Е.И., Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.
2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.
3. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.
4. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.
5. Исследование математической модели энергетического критерия разрушения хрупких материалов / В.И. Дунаев [и др.] // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2019. – Т. 16. – № 1. – С. 21–25.
6. Кесова Е.Ф., Терещенко И.А. Обзор метода ультразвуковой дефектоскопии // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 43–46.
7. Кесова Е.Ф., Терещенко И.А. Методы анализа вибраций редукторов в диагностике // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 40–42.
8. Приходько М.Г., Кесова Е.Ф., Бунякин А.В. Расчет и оптимизация теплового насоса в комбинации с бинарной энергоустановкой для использования отработавших нефтяных и газовых скважин в качестве теплового коллектора // Сборник лучших научных работ молодых ученых Кубанского государственного технологического университета, отмеченных наградами на конкурсах. – Краснодар, 2018. – С. 72–74.
9. Анализ дефектов опорных элементов газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций магистральных газопроводов / П.С. Кунина [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2016. – № 4. – С. 68–75.
10. Проблемы анализа технического состояния современных приводов компрессорных установок магистральных газопроводов / П.С. Кунина [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2019. – № 3. – С. 56–58.
11. Величко Е.И. Совершенствование методов диагностики промышленного оборудования, обеспечивающих сокращение потерь скважинной продукции, с целью повышения его эффективности : дисс. ... канд. техн. наук / Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2010.

Literature:

1. Velichko E.I., Kesova E.F., Inozemtsev D.A. Analysis of features and calculation of multiplier gears // REFERATOTECH : Proceedings of International scientific-practical conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.
2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.
3. Failures revealed by the method of diagnosis of gtrs according to the thermo-gas-dynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.
4. Inozemtsev D.A., Tereschenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnostics of gas compressor units // REFERATOTECH : proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.
5. Research of mathematical model of energy criterion of brittle materials fracture / V.I. Dunayev [et al.] // Environmental Bulletin of Scientific Centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2019. – V. 16. – № 1. – P. 21–25.
6. Kesova E.F., Tereshchenko I.A. Review of the method of ultrasonic flaw detection // REFERATOTECH : Materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 43–46.
7. Kesova E.F., Tereschenko I.A. Methods of Gearbox Vibration Analysis in Diagnostics // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 40–42.
8. Prikhodko M.G., Kesova E.F., Bunyakin A.V. Calculation and optimization of a heat pump in combination with a binary power plant to use waste oil and gas wells as a heat collector // Collection of the best scientific papers of young scientists of Kuban State Technological University, awarded at competitions. – Krasnodar, 2018. – P. 72–74.
9. Analysis of defects of supporting elements of gas compressor units of compressor stations of main gas pipelines / P.S. Kunina [et al.] // Territoria Neftegaz. – 2016. – № 4. – P. 68–75.
10. Problems of analyzing the technical condition of modern drives of compressor units of main gas pipelines / P.S. Kunina [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2019. – № 3. – P. 56–58.
11. Velichko E.I. Improvement of diagnostic methods of field equipment, providing reduction of losses of well products, in order to improve its efficiency : dissertation. Candidate of Technical Sciences / Kuban State Technological University. – Krasnodar, 2010.

МЕМБРАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ГАЗА

MEMBRANE GAS TREATMENT TECHNOLOGY

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
d.a.inozemtsev@mail.ru

Величко Евгений Иванович

кандидат технических наук,
доцент, заведующий кафедрой «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Музыкантова Анна Викторовна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
«Кубанский государственный технологический университет

Кесова Елизавета Феодоровна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Слепцов Александр Алексеевич

студент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В данной статье описано применение и принцип работы установки подготовки газа на основе мембранной технологии.

Ключевые слова: установка подготовки газа, мембранная технология, сероводород, природный газ.

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban State Technological University
d.a.inozemtsev@mail.ru

Velichko Yevgeny Ivanovich

Associate Professor, Department of equipment for oil and gas fields,
Head of Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University

Muzykantova Anna Viktorovna

senior lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban State Technological University

Kesova Elizaveta Feodorovna

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban state technological University

Sleptsov Alexandr Alekseevich

student of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban State Technological University

Annotation. This article describes the application and operating principle of a gas treatment plant based on membrane technology.

Keywords: gas treatment plant, membrane technology, hydrogen sulfide, natural gas.

Мембранная технология является новой альтернативной технологией для очистки газа с малым содержанием серы, которая не требует больших капиталовложений и затрат на установку и монтаж, дешевле в использовании и обслуживании. Мембранная система не содержит движущихся частей и способна работать без участия человека. Установленная на раме система может быть смонтирована на месте эксплуатации в течение нескольких часов.

Принцип мембранного разделения газовой смеси основан на различной скорости проникания ее компонентов через полимерную мембрану за счет перепада парциальных давлений газа по обе стороны мембраны. Отличительной особенностью мембраны является полуволоконная конфигурация и высокая химическая устойчивость практически ко всем компонентам углеводородных смесей. При подготовке попутного нефтяного и природного газа все нежелательные примеси концентрируются в потоке низкого давления, а подготовленный газ выходит практически без потери давления. В типовой мембранной системе из поступающего газа отфильтровываются CO_2 , H_2S , и жидкий конденсат. Перед входом в мембранные модули газ компримируется и подогревается до необходимых температур. Углекислый газ проходит через стенки мембран в первую очередь. Оставшийся под давлением высококалорийный продуктовый газ движется на выход. В это время через мембрану просачиваются более «быстрые» газы, такие как He , H_2S , которые поступают на сброс.

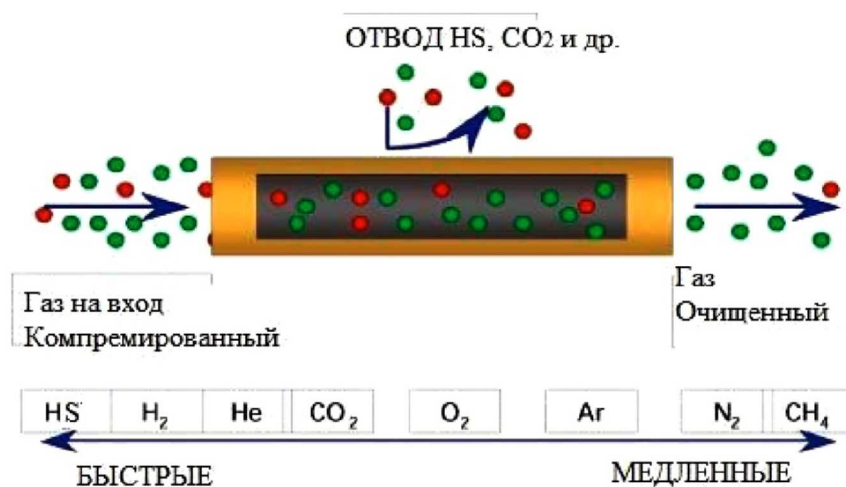


Рисунок 1 – Схема прохождения газов через мембранную систему

Конструкция мембранной системы позволяет ей легко подстроиться к значительным изменениям в составе газа и скорости потока.

Литература:

1. Величко Е.И., Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.

3. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.

4. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.

5. Анализ дефектов опорных элементов газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций магистральных газопроводов / П.С. Кунина [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2016. – № 4. – С. 68–75.

6. Величко Е.И. Совершенствование методов диагностики промышленного оборудования, обеспечивающих сокращение потерь скважинной продукции, с целью повышения его эффективности : дисс. ... канд. техн. наук / Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2010.

7. Традиционные методы охлаждения камер сгорания ГТУ / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 236–238.

Literature:

1. Velichko E.I., Kesova E.F., Inozemtsev D.A. Analysis of features and calculation of multiplier gears // REFERATOTECH : proceedings of International scientific-practical conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.

3. Failures revealed by the method of GTE diagnosing by thermo-gas-dynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Science. New Generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.

4. Inozemtsev D.A., Tereschenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnosing gas compressor units // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.

5. Analysis of defects of supporting elements of gas compressor units of compressor stations of main gas pipelines / P.S. Kunina [et al.] // Territoria Neftegaz. – 2016. – № 4. – P. 68–75.

6. Velichko E.I. Improvement of diagnostic methods of field equipment, providing reduction of losses of well products, in order to improve its efficiency : dissertation. Candidate of Technical Sciences / Kuban State Technological University. – Krasnodar, 2010.

7. Traditional methods of cooling GTU combustion chambers / D.A. Inozemtsev [et al.] // Science. New Generation. Success : Materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 236–238.

ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

APPLICATION OF EDDY CURRENT CONTROL IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
d.a.inozemtsev@mail.ru

Величко Евгений Иванович

кандидат технических наук,
доцент, заведующий кафедрой «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Музыкантова Анна Викторовна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
«Кубанский государственный технологический университет

Кесова Елизавета Феодоровна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Слепцов Александр Алексеевич

студент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В данной статье описано применение и принцип работы вихретокового неразрушающего контроля. Определена наиболее перспективная область применения подобной технологии.

Ключевые слова: вихретоковый преобразователь, неразрушающий контроль, электромагнитная индукция, поверхностные дефекты.

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban State Technological University
d.a.inozemtsev@mail.ru

Velichko Yevgeny Ivanovich

Associate Professor, Department of equipment for oil and gas fields,
Head of Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University

Muzykantova Anna Viktorovna

senior lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban State Technological University

Kesova Elizaveta Feodorovna

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban state technological University

Sleptsov Alexandr Alekseevich

student of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban State Technological University

Annotation. This article describes the application and operating principle of eddy current non-destructive testing. The most promising field of application of such technology has been determined.

Keywords: eddy current converter, non-destructive testing, electromagnetic induction, surface defects.

Вихретоковый контроль основан на электромагнитной индукции. Внешнее переменное магнитное поле создается при помощи генератора переменного тока и возбуждающей обмотки, оно наводит электродвижущую силу (ЭДС), которая создает вихревые токи в проводящей среде. Эти токи улавливаются измерительным преобразователем, представляющим собой катушку индуктивности. Вихревые токи создают собственное магнитное поле, которое наводит ЭДС в измерительной катушке индуктивности. Регистрируя ЭДС или сопротивление катушки получают информацию о свойствах объекта и положении катушки относительно его.

Отличительной особенностью подобного контроля является бесконтактность и высокая скорость контроля. На сигнал преобразователя практически не влияют свойства газовой среды и загрязнение объекта непроводящими веществами.

Вихретоковый контроль применяется при поиске поверхностных дефектов, так как зона контроля подобным методом ограничена глубиной проникновения вихревых токов и обычно не превышает нескольких миллиметров. При благоприятных условиях вихретоковым контролем удастся выявить трещины глубиной до 0,1 мм, шириной раскрытия от 0,01 мм, протяженностью от 1–2 мм. При использовании проходного вихретокового преобразователя удастся выявлять трещины глубиной 1–5 % от диаметра контролируемого прутка.

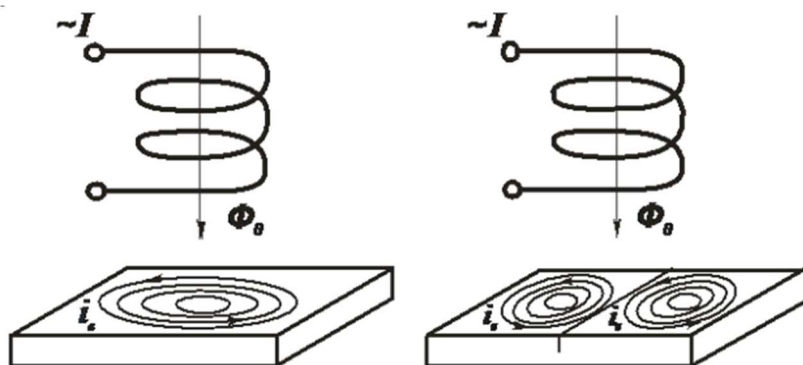


Рисунок 1 – Изменение траектории вихревых токов в области дефекта

В современной нефтегазовой отрасли вихретоковый контроль используется для контроля дефектов сварки (прожиг, трещины), контроля резьбовых соединений, выявления усталостных трещин и поверхностного износа, внутритрубной диагностики и т.д. Вихретоковый контроль является альтернативой ультразвуковому и магнитному методам контроля. Его преимуществами является помехозащищенность и возможность работы в широком спектре условий (в т.ч. в воде). В сложных условиях работы и при наличии непроводящего материала (зазора) между дефектоскопом и исследуемым объектом вихретоковый контроль составляет наибольшую конкуренцию традиционным методам контроля.

Литература:

1. Величко Е.И. Совершенствование методов диагностики промышленного оборудования, обеспечивающих сокращение потерь скважинной продукции, с целью повышения его эффективности : дисс. ... канд. техн. наук / Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2010.
2. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.
3. Степанов М.С., Величко Е.И. Анализ причин выхода из строя центробежных нагнетателей // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2021. – № 7 (343). – С. 20–23.
4. Величко Е.И., Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.
5. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.
6. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.
7. Традиционные методы охлаждения камер сгорания ГТУ / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 236–238.
8. Иноземцев Д.А., Степанов М.С. Современные сооружения системы транспорта и хранения углеводородного сырья как объекты технического диагностирования // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 141–144.
9. Степанов М.С., Величко Е.И. Образование соляных отложений в проточной части нагнетателя / REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 121–123.
10. Stepanov M.S., Bunyakin A.V. Diagnostics of sediment occurrence in interblade channel of injector impeller of gas compressing station by changes of gas flow and torque // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 459 (Int. Science and Technology Conf. «EarthScience», Russky Island, 10–12 dec.). – DOI: 10.1088/1755-1315/459/5/052081
11. Дубов В.В., Поляков А.В., Степанов М.С. Оценка технического состояния аппаратов сбора и подготовки продукции скважин, отработавших срок службы на территории краснодарского края // Нефть. Газ. Новации. – 2014. – № 5 (184). – С. 32–35.
12. Особенность контроля ультразвуковыми методами оборудования с транспортируемой или хранимой средой / П.С. Кунина [и др.] // Нефтегазовое дело. – 2018. – Т. 16. – № 1. – С. 62–70.

Literature:

1. Velichko E.I. Improvement of diagnostic methods of field equipment, providing reduction of losses of well products in order to improve its efficiency : dissertation. Candidate of Technical Sciences / Kuban State Technological University. – Krasnodar, 2010.

2. Inozemtsev D.A., Tereschenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnosing gas compressor units // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.
3. Stepanov M.S., Velichko E.I. Analysis of the causes of failure of centrifugal blowers // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2021. – № 7 (343). – P. 20–23.
4. Velichko E.I., Kesova E.F., Inozemtsev D.A. Analysis of features and calculation of multiplier gears // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.
5. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.
6. Failures detected by the method of GTE diagnosing by thermogasdynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.
7. Traditional methods of cooling GTU combustion chambers / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Materials of II International scientific-practical conference: in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 236–238.
8. Inozemtsev D.A., Stepanov M.S. Modern constructions of hydrocarbon raw materials transportation and storage systems as objects of technical diagnostics // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 141–144.
9. Stepanov M.S., Velichko E.I. Formation of salt deposits in the flowing part of a supercharger / REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 2. – P. 121–123.
10. Stepanov M.S., Bunyakin A.V. Diagnostics of sediment occurrence in interblade channel of injector impeller of gas compressing station by changes of gas flow and torque // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 459 (Int. Science and Technology Conf. «EarthScience», Russky Island, 10–12 December). – DOI: 10.1088/1755-1315/459/5/052081.
11. V.V. Dubov, A.V. Polyakov, M.S. Stepanov. Evaluation of Technical State of Gathering and Preparation Devices for Production of Wells, which Expired their Service Life in Krasnodar Territory // Oil. Gas. novation. – 2014. – № 5 (184). – P. 32–35.
12. Feature of control by ultrasonic methods of equipment with transported or stored medium / P.S. Kunina [et al.] // Neftgazovoye delo. – 2018. – V. 16. – № 1. – P. 62–70.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГПА

ANALYSIS OF MODERN AUTOMATED SYSTEMS FOR DIAGNOSING THE TECHNICAL CONDITION OF THE GPA

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Степанов Михаил Сергеевич

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
m.s.stepanov@mail.ru

Колесник Иван Александрович

аспирант
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В данной статье проведен анализ существующих автоматизированных систем технического диагностирования газоперекачивающих станций.

Ключевые слова: газоперекачивающий агрегат, компрессорная станция, компрессор, техническое диагностирование, компрессорный цех.

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

senior lecturer, department of oil and gas fields equipment
Kuban State Technological University

Stepanov Mikhail Sergeevich

senior lecturer, department of oil and gas fields equipment
Kuban State Technological University
m.s.stepanov@mail.ru

Kolesnik Ivan Alexandrovich

graduate student of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban State Technological University

Annotation. This article analyzes the existing automated systems of technical diagnostics of gas pumping stations.

Keywords: gas pumping unit, compressor station, compressor, technical diagnostics, compressor shop.

Современные системы технической диагностики позволяют производить сбор и обработку данных параметрической и вибрационной диагностики в реальном времени. Данные системы позволяют определять следующие показатели:

- установившийся режим работы газоперекачивающего агрегата;
- параметры и показатели работы газотурбинной установки: мощность на валу, отклонения параметров по тракту двигателя от эталонных значений, коэффициент загрузки, эффективный КПД ГТУ;

- параметры работы центробежных нагнетателей: степень повышения давления, политропный КПД, расход технологического газа, отклонения степени повышения давления и политропного КПД от эталонных значений;
- коэффициенты технического состояния ГТУ по мощности, топливному газу и КПД;
- коэффициент технического состояния ЦБН по политропному КПД;
- классы технического состояния ГТУ и ЦБН;
- показатели энергетической эффективности ГПА: КПД и удельный расход топливного газа на политропную работу сжатия;
- основные и дополнительные параметры вибросостояния ГПА на основе обработки широкополосных сигналов вибрации. Установлена зависимость этих параметров от режимов работы и ГПА.

Применение системы технической диагностики позволяет:

- оценить качество произведенных ремонтов;
- определить перерасход топливного газа, обусловленный деградацией технического состояния;
- избежать затрат на проведение периодического теплотехнического и вибрационного мониторинга и дорогостоящие портативные приборы;
- отслеживать тренды изменения коэффициентов технического состояния ГТУ и ЦБН;
- вести мониторинг энергетической эффективности транспорта газа.

В дополнение к системе диагностирования технического состояния применяются системы энергетического и экологического мониторинга:

- подсистема мониторинга эффективности работы технологического и энергетического оборудования компрессорных станций (ГПА, АВО газа, газотурбинных и газопоршневых электростанций собственных нужд, котельных).
- подсистема экологического мониторинга технологического и энергетического оборудования компрессорных станций (ГПА, АВО газа, газотурбинных и газопоршневых электростанций собственных нужд, котельных).

Данные подсистемы позволяют в режиме реального времени производить анализ потерь энергии, для максимально эффективного использования топлива, обеспечивая максимальную экономическую эффективность и снижение экологически вредных выбросов в окружающую среду.

Литература:

1. Величко Е.И. Совершенствование методов диагностики промышленного оборудования, обеспечивающих сокращение потерь скважинной продукции, с целью повышения его эффективности : дисс. ... канд. техн. наук / Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2010.
2. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.
3. Степанов М.С., Величко Е.И. Анализ причин выхода из строя центробежных нагнетателей // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2021. – № 7 (343). – С. 20–23.
4. Величко Е.И., Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.

5. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.

6. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.

7. Традиционные методы охлаждения камер сгорания ГТУ / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 236–238.

8. Иноземцев Д.А., Степанов М.С. Современные сооружения системы транспорта и хранения углеводородного сырья как объекты технического диагностирования // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 141–144.

9. Степанов М.С., Величко Е.И. Образование соляных отложений в проточной части нагнетателя / REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 121–123.

10. Stepanov M.S., Bunyakin A.V. Diagnostics of sediment occurrence in interblade channel of injector impeller of gas compressing station by changes of gas flow and torque // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 459 (Int. Science and Technology Conf. «EarthScience», Russky Island, 10–12 dec.). – DOI: 10.1088/1755-1315/459/5/052081

11. Дубов В.В., Поляков А.В., Степанов М.С. Оценка технического состояния аппаратов сбора и подготовки продукции скважин, отработавших срок службы на территории краснодарского края // Нефть. Газ. Новации. – 2014. – № 5 (184). – С. 32–35.

12. Особенность контроля ультразвуковыми методами оборудования с транспортируемой или хранимой средой / П.С. Кунина [и др.] // Нефтегазовое дело. – 2018. – Т. 16. – № 1. – С. 62–70.

Literature:

1. Velichko E.I. Improvement of diagnostic methods of field equipment, providing reduction of losses of well products in order to improve its efficiency : dissertation. Candidate of Technical Sciences / Kuban State Technological University. – Krasnodar, 2010.

2. Inozemtsev D.A., Tereschenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnosing gas compressor units // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.

3. Stepanov M.S., Velichko E.I. Analysis of the causes of failure of centrifugal blowers // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2021. – № 7 (343). – P. 20–23.

4. Velichko E.I., Kesova E.F., Inozemtsev D.A. Analysis of features and calculation of multiplier gears // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.

5. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.

6. Failures detected by the method of GTE diagnosing by thermogasdynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II Interna-

tional Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.

7. Traditional methods of cooling GTU combustion chambers / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Materials of II International scientific-practical conference: in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 236–238.

8. Inozemtsev D.A., Stepanov M.S. Modern constructions of hydrocarbon raw materials transportation and storage systems as objects of technical diagnostics // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 141–144.

9. Stepanov M.S., Velichko E.I. Formation of salt deposits in the flowing part of a supercharger / REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 2. – P. 121–123.

10. Stepanov M.S., Bunyakin A.V. Diagnostics of sediment occurrence in interblade channel of injector impeller of gas compressing station by changes of gas flow and torque // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 459 (Int. Science and Technology Conf. «EarthScience», Russky Island, 10–12 December). – DOI: 10.1088/1755-1315/459/5/052081.

11. V.V. Dubov, A.V. Polyakov, M.S. Stepanov. Evaluation of Technical State of Gathering and Preparation Devices for Production of Wells, which Expired their Service Life in Krasnodar Territory // Oil. Gas. novation. – 2014. – № 5 (184). – P. 32–35.

12. Feature of control by ultrasonic methods of equipment with transported or stored medium / P.S. Kunina [et al.] // Neftegazovoye delo. – 2018. – V. 16. – № 1. – P. 62–70.

3D МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕНОСА ИОНОВ 1 : 1 СОЛИ

3D MATHEMATICAL MODEL OF TRANSFER OF 1 : 1 ION OF SALT

Казаковцева Екатерина Васильевна

старший преподаватель
кафедры анализа данных и искусственного интеллекта,
Кубанский государственный университет
vivkaterina@mail.ru

Коваленко Анна Владимировна

заведующая кафедры анализа данных и искусственного интеллекта,
доктор технических наук,
Кубанский государственный университет
Savanna-05@mail.ru

Евдоченко Елизавета Николаевна

научный сотрудник
кафедры химической и технологической инженерии,
Рейнско-Вестфальский технический университет Аахена
e.liza@list.ru

Аннотация. В работе предложена трехмерная математическая модель переноса ионов соли 1 : 1 в канале обессоливания с учетом электроконвекции на основе системы классических уравнений Нернста-Планка, Пуассона и Навье-Стокса с электрической силой и естественными краевыми условиями. Разработан численный метод решения краевой задачи, основанный на распараллеливании вычислений на текущем слое по времени. Установлены основные закономерности возникновения, развития и переноса ионов соли. Показано, что электроконвективные вихри имеют значительно более сложное строение, чем принято считать в современной литературе, а именно электроконвективные вихри существуют в виде кластеров внутри которых могут происходить бифуркации вихрей.

Ключевые слова: 3D математическая модель переноса; 3D модель; трехмерная модель; мембранные системы; ионообменная мембрана; математическое моделирование; 1 : 1 электролит.

Kazakovtseva Ekaterina Vasilievna

Senior Lecturer of
Department of data analysis and artificial intelligence,
Kuban State University
vivkaterina@mail.ru

Kovalenko Anna Vladimirovna

Head of Department of data analysis and artificial intelligence,
Doctor of Technical Sciences,
Kuban State University
Savanna-05@mail.ru

Evdochenko Elizaveta Nikolaevna

Researcher,
Chemical process engineering,
RWTH Aachen University
E-mail: e.liza@list.ru

Annotation. The paper proposes a three-dimensional mathematical model of the transfer of 1 : 1 salt ions in the desalination channel, taking into account electroconvection, based on the system of classical equations of Nernst-Planck, Poisson and Navier-Stokes with electric force and natural boundary conditions. A numerical method for solving a boundary value problem is developed, based on the parallelization of computations on the current layer in time. The main regularities of the occurrence, development and transfer of salt ions have been established. It is shown that electroconvective vortices have a much more complex structure than is commonly believed in modern literature, namely, electroconvective vortices exist in the form of clusters within which vortex bifurcations can occur.

Keywords: 3D mathematical model of transfer; 3D model; three-dimensional model; membrane systems; ion exchange membrane; math modeling; 1 : 1 electrolyte..

Введение. Ионно-селективные мембраны играют важную роль в процессах разделения и очистки. Например, при электродиализе ионно-селективные мембраны используются для очистки солоноватой воды. Другие отрасли, которые используют электродиализ, включают химическое, фармацевтическое и пищевое производство [1].

Кроме того, ионно-селективные мембраны используют в проточных окислительно-восстановительных батареях и микрофлюидах, таких как биомедицинские лабораторные устройства на чипе, микронасосы и аналитические датчики. Все эти устройства используют внешние электрические поля для управления процессом переноса ионов в растворах водных электролитов.

В статье [2] описывается первое лабораторное исследование трехмерной электроконвекции у селективной поверхности. С. Канг и Р. Квак предложили три способа классификации 3D-электроконвекции: полигональные, поперечные и продольные 3D-вихри в зависимости от чисел Рейнольдса, Рейли и Шмидта. И экспериментально установили, что если число Рейнольдса увеличивается или число Рейли уменьшается, то имеют место только продольные 3D-вихри. С другой стороны, поперечные 3D-вихри формируются между продольными 3D-вихрями, и затем эти вихри трансформируются в полигональные при более высоких значениях числа Рейли или меньших значениях числа Рейнольдса. При этом значение числа Шмидта определяет критическое электрическое число Рэлея для каждого вихря.

1 Математическая модель

В данном исследовании была построена 3D математическая модель переноса ионов 1 : 1 соли в канале обессоливания электродиализного аппарата на основании самых общих фундаментальных законов сохранения материи, заряда и количества движения без химических реакций и любых других подгоночных параметров. Схема трехмерного канала обессоливания электродиализного аппарата представлена на рисунке 1. Система уравнений для бинарного электролита (1–7) является полностью связанной системой дифференциальных уравнений в частных производных с учетом пространственной силы, описывающей массоперенос с учетом электроконвекции в электромембранных системах.

1.1 Схема канала обессоливания

На рисунке 1 при $x = 0$ расположена анионообменная мембрана, а при $x = H$ – катионообменная мембрана. При $z = 0$ расположен вход в канал, $z = L$ – выход из канала. Таким образом, x – переменная по ширине канала, z – по длине канала (раньше было y), а $y = 0$ – это «низ» канала, на котором он лежит, $y = 2H$ – это высота канала. Поэтому ионообменные мембраны канала расположены перпендикулярно плоскости стола, на котором «лежит» ЭДА.

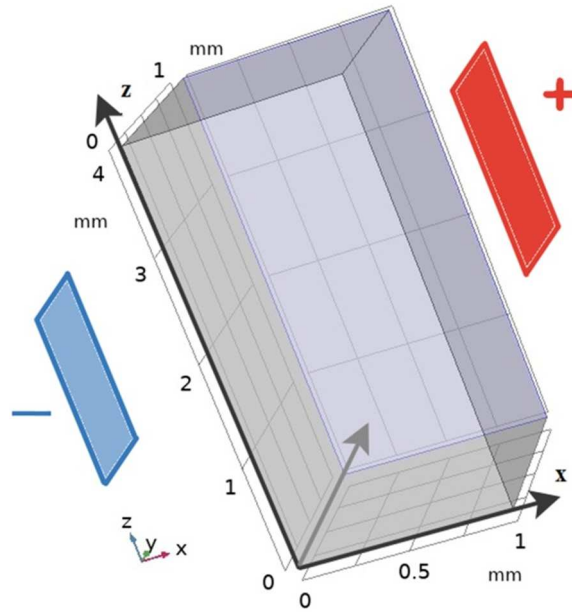


Рисунок 1 – Схема трехмерного канала обессоливания электродиализного аппарата

Канал обессоливания обозначим через

$$\Omega = \{(x, y, z) : 0 \leq x \leq 0.5, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 4\}.$$

1.2 Система уравнений

$$\vec{j}_i = -\frac{F}{RT} z_i D_i C_i \vec{E} - D_i \nabla C_i + C_i \vec{V}, i = 1, 2, \quad (1)$$

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -\text{div} \vec{j}_i, i = 1, 2, \quad (2)$$

$$\varepsilon_r \Delta \varphi = -F (z_1 C_1 + z_2 C_2), \quad (3)$$

$$\vec{I} = F (z_1 \vec{j}_1 + z_2 \vec{j}_2), \quad (4)$$

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (\vec{V} \nabla) \vec{V} = -\frac{1}{\rho_0} \nabla P + \nu \Delta \vec{V} + \frac{1}{\rho_0} \vec{f}, \quad (5)$$

$$\text{div}(\vec{V}) = 0, \quad (6)$$

$$\vec{f} = \rho \vec{E}. \quad (7)$$

Уравнения Нернста-Планка (1) описывают поток растворенных компонентов (ионов натрия $i = 1 \leftrightarrow Na^+$ и хлора $i = 2 \leftrightarrow Cl^-$), обусловленный миграцией в электрическом поле, диффузией и конвекцией, зарядовые числа катионов $z_1 = 1$, и анионов $z_2 = -1$; (2) – уравнения материального баланса; (3) – уравнение Пуассона для потенциала электрического поля, (4) – уравнение протекания тока, которое означает, что ток, протекающий через диффузионный слой, определяется потоком ионов, ε_r – диэлектрическая проницаемость раствора, F – число Фарадея, R – универсальная газовая постоянная, φ – потенциал, C_i, j_i, D_i, \vec{I} – концентрация, поток, коэффициент диффузии i -го иона, плотность тока, определяемая потоком ионов, \vec{V} – скорость течения раствора;

уравнения Навье-Стокса (5) и неразрывности для несжимаемой жидкости (6) описывают поле скоростей, формируемое, в том числе, под действием вынужденного течения и пространственной электрической силы $\vec{f} = \rho\vec{E}$ – электрическая сила, где $\rho = F(z_1C_1 + z_2C_2)$ плотность распределения пространственного заряда, а $\vec{E} = -\nabla\varphi$ – напряженность электрического поля, ρ_0 – плотность раствора, ν – кинематическая вязкость. Формулу (7) можно записать и по-другому, с использованием уравнения Пуассона (3): $\vec{f} = \rho\vec{E} = -\epsilon_r\Delta\varphi\vec{E} = \epsilon_r\Delta\varphi\nabla\varphi = \epsilon_r\vec{E}\text{div}\vec{E}$.

Если подставить (1) в (2), то уравнения (2) запишутся в виде

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = \frac{F}{RT} z_i D_i \text{div}(C_i \nabla \varphi) - D_i \Delta C_i - \text{div}(C_i \vec{V}), i = 1, 2.$$

Уравнения Нернста-Планка, Пуассона и Навье-Стокса являются выражением общих законов сохранения, поэтому, модель переноса ионов соли с учетом электроконвекции, определяется наряду с формулой электрической силы, в уравнении Навье-Стокса, в первую очередь, краевыми условиями. Ниже описан один из вариантов краевых условий.

1.3 Краевые условия

Электродиализные аппараты используют, как правило, в двух разных режимах работы: в потенциодинамическом режиме (ПДР), когда задается падение потенциала в цепи, и в гальванодинамическом, когда задается плотность тока в цепи. Далее будем изучать ПДР, причем поверхности ионообменных мембран считать эквипотенциальными, т.е. предполагается выполненным условие:

$$\varphi(t, H, y, z) - \varphi(t, 0, y, z) = \alpha t. \quad (8)$$

Наряду с (8) будем использовать следующие краевые условия.

1) Условия на анионообменной мембране ($x = 0$)

$$C_2(t, 0, y, z) = C_{2m}, \quad (9)$$

$$-\vec{n} \cdot \vec{j}_1(t, 0, y, z) = 0, \quad (10)$$

$$\varphi(t, 0, y, z) = \alpha t, \quad (11)$$

$$-\vec{n} \cdot \vec{V}(t, 0, y, z) = 0. \quad (12)$$

2) Условие на катионообменной мембране ($x = H$)

$$C_1(t, H, y, z) = C_{1m}, \quad (13)$$

$$-\vec{n} \cdot \vec{j}_2(t, H, y, z) = 0, \quad (14)$$

$$\varphi(t, H, y, z) = 0, \quad (15)$$

$$-\vec{n} \cdot \vec{V}(t, H, y, z) = 0. \quad (16)$$

3) Условие на входе в канал ($z = 0$)

Считаем заданными концентрации ионов, так чтобы на входе выполнялось условие электронейтральности, т.е.:

$$C_i(t, x, y, 0) = C_{i,0} \quad i = 1, 2 \quad (17)$$

$$\varphi(t, x, y, 0) = \alpha t - \frac{\alpha t x}{H} \quad (18)$$

$$\vec{V}(0, x, y, z) = (0, 0, 6V_0 \frac{x}{H} (1 - \frac{x}{H})) \quad (19)$$

4) Условие на выходе из канала ($z = L$)

Для концентрации будем использовать условие на поток ионов, предполагающее, что ионы соли выносятся из канала обессоливания электродиализного аппарата только за счет течения раствора:

$$-\vec{n} \cdot \vec{j}_i(t, x, y, L) = -V_z(t, x, y, L)C_i(t, x, y, L), i = 1, 2. \quad (20)$$

Для скачка потенциала ставиться условие:

$$-\vec{n} \cdot \nabla \varphi(t, x, y, L) = 0. \quad (21)$$

5) Начальные условия:

Начальные условия возьмем согласованными с граничными условиями.

$$C_i(0, x, y, z) = C_{i,0} \quad i = 1, 2. \quad (22)$$

$$\varphi(0, x, y, z) = 0. \quad (23)$$

$$\vec{V}(0, x, y, z) = (0, 0, 6V_0 \frac{x}{H} (1 - \frac{x}{H})). \quad (24)$$

2 Результаты численного исследования

2.1 Параметры задачи

Численное решение было получено методом конечных элементов. Был разработан специальный метод распараллеливания (расщепления) при котором на каждом слое по времени сначала решались электрохимическая часть задачи, а затем гидродинамическая. Были проведены расчеты в широком диапазоне изменения входных параметров. Ниже приведены расчеты только для следующих значений параметров: $H = 1$ мм, $L = 4$ мм, $V_0 = 0.1$ мм/с, $C_0 = 0.01$ моль/м³, скорость развертки скачка потенциала $\alpha = 0,001$ В/с.

2.2 Анализ течения раствора

Трехмерные электроконвективные вихри и их направление вращения в начале канала представлены на рисунке 2 (а–в).

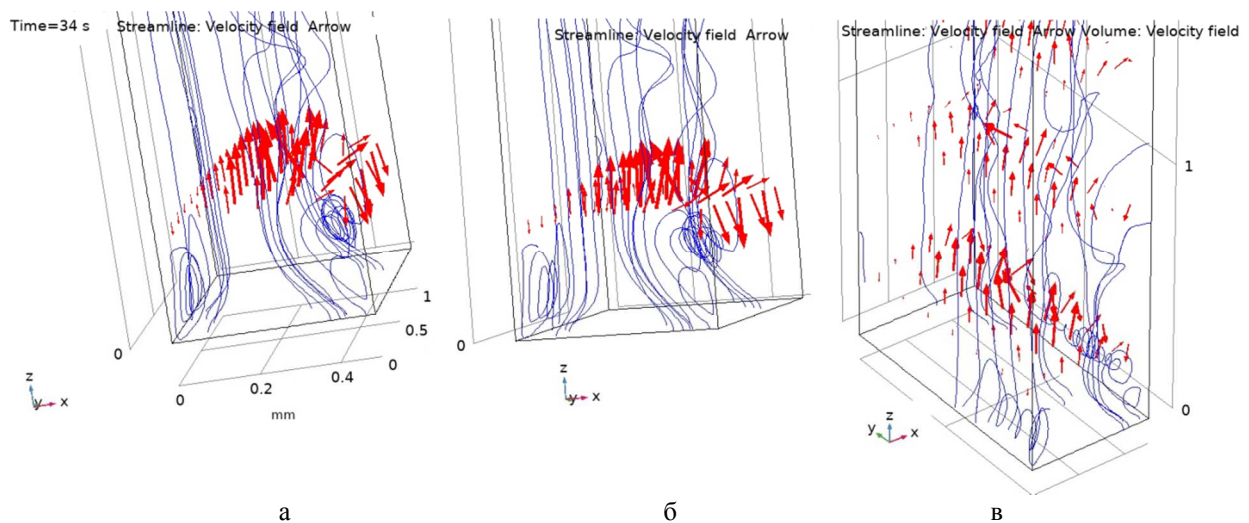


Рисунок 2 (начало) – Трехмерные электроконвективные вихри в канале обессоливания. Приведены линии тока раствора, стрелками указано направление движения

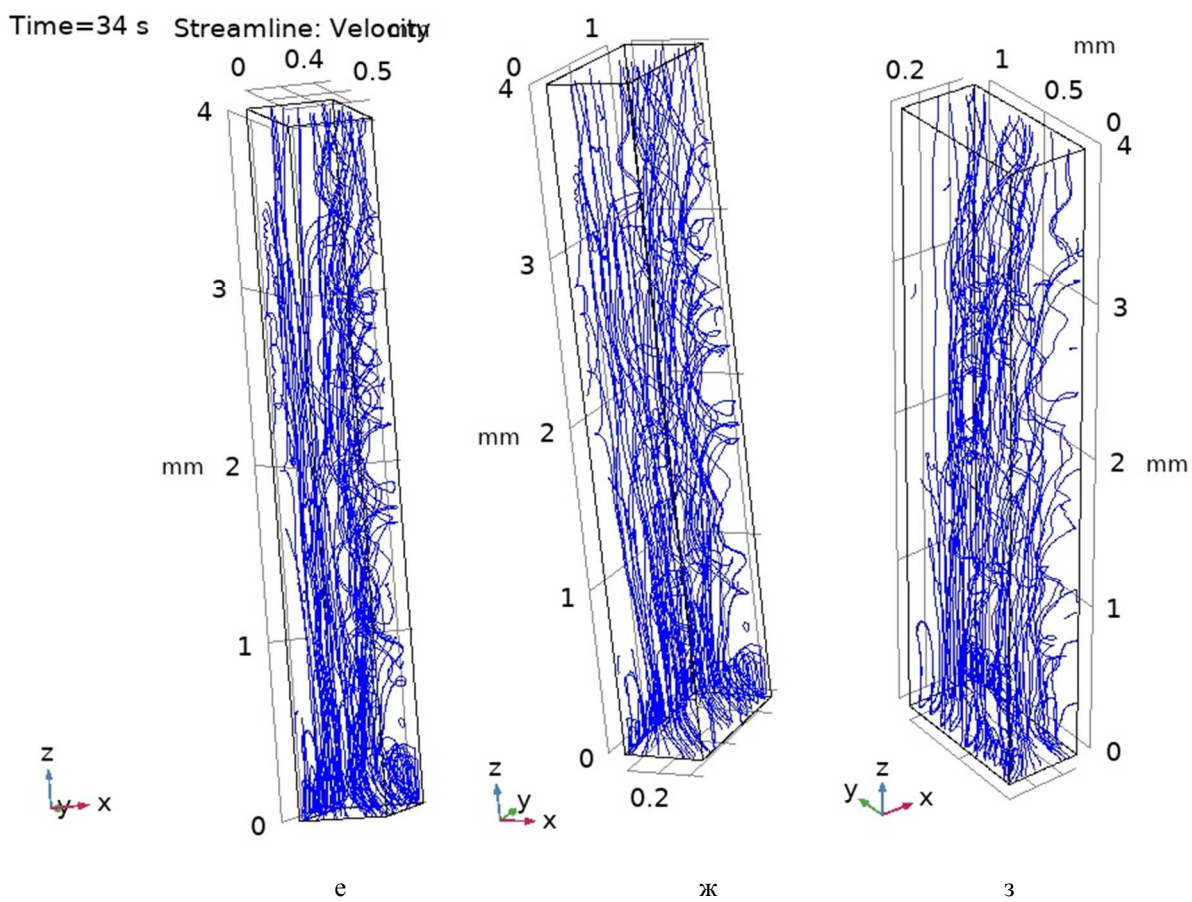
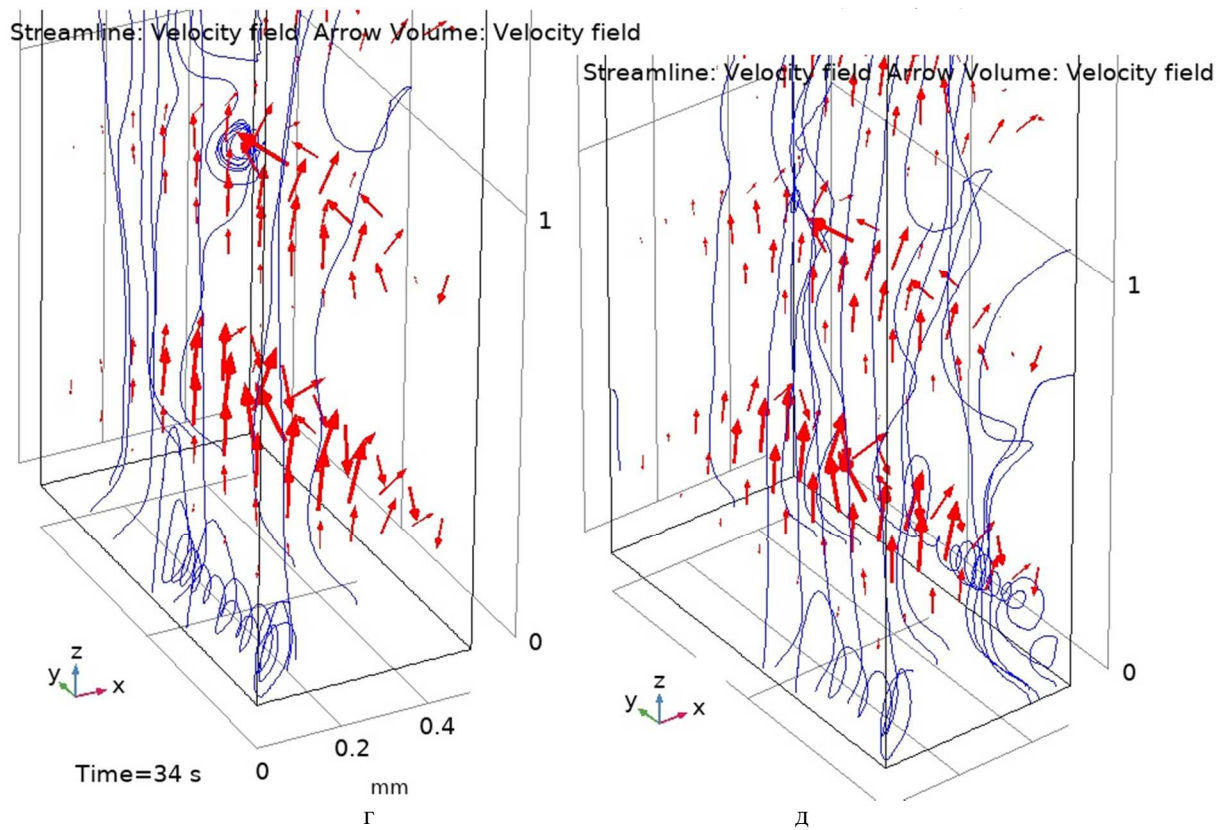


Рисунок 2 (продолжение) – Трехмерные электроконвективные вихри в канале обессоливания. Приведены линии тока раствора, стрелками указано направление движения

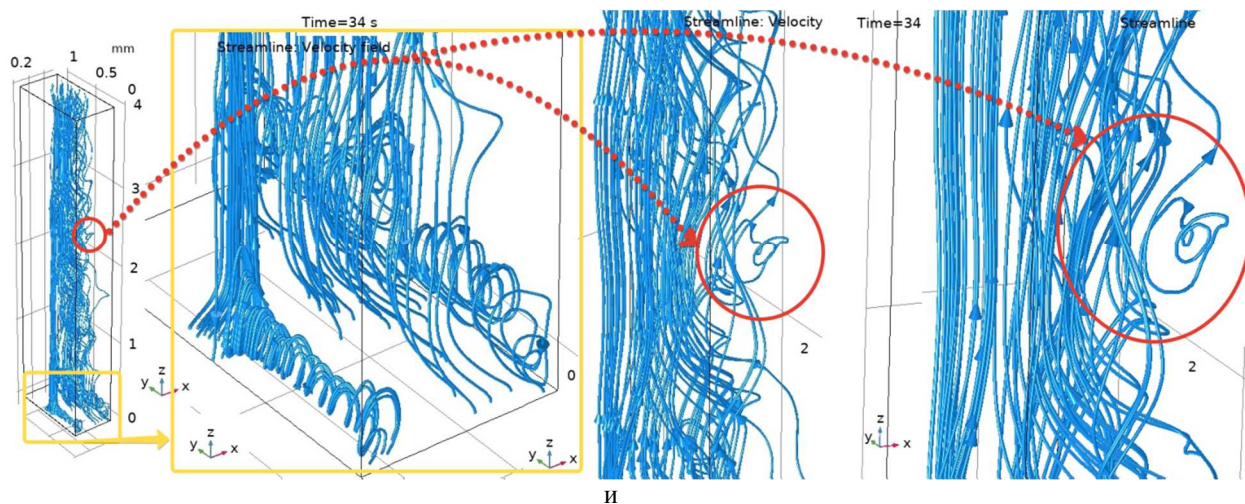


Рисунок 2 (окончание) – Трехмерные электроконвективные вихри в канале обессоливания. Приведены линии тока раствора, стрелками указано направление движения

Как видно из рисунка 2 (а–в) вначале, практически одновременно, образуются два вихря на входе в канал обессоливания электродиализного аппарата, один возле катионообменной мембраны (КОМ), другой у анионообменной (АОМ). Эти вихри практически стационарны, но периодически от них отделяются небольшие вихри, которые сносятся вниз по течению, способствуя образованию других уже нестационарных электроконвективных вихрей у поверхности КОМ и АОМ (рис. 2 (г–д)). Общий вид электроконвективных вихрей, приведенный на рисунке 2 (е–ж) не позволяет определить структуру этих вихрей. Для этого были рассмотрены разные сечения одного вихря в средней части канала (рис. 3 (а–в)).

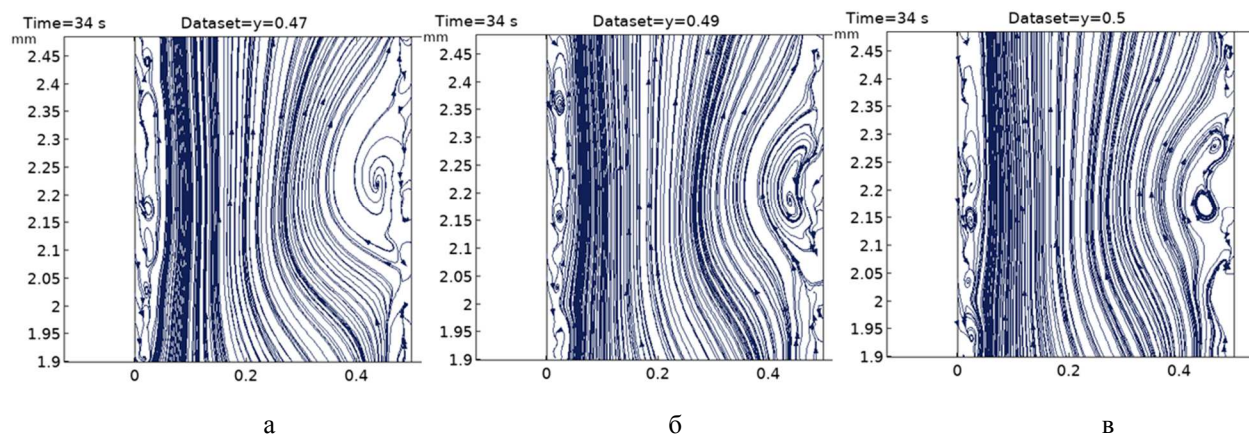


Рисунок 3 – Разные сечения электроконвективного вихря в канале обессоливания в момент времени $t = 34$ с

На рисунке 3 приведены разные сечения одного и того же электроконвективного вихря расположенного при $z \in [1.95, 2.4]$ мм и $x \in [0, 0.5]$ в канале обессоливания в момент времени $t = 34$ с при $y = 0.47$ мм, 0.48 мм, 0.49 мм.

Видно, что вихрь, имеет достаточно сложное строение, представляет собой кластер, внутри которого происходит бифуркация вихрей. Таким образом, упрощенное представление [3–7] о строении электроконвективных вихрей в работах должно быть уточнено.

На рисунке 4 представлены сечения графиков концентраций анионов и катионов (рис. 4а, 4б) в канале обессоливания в момент времени $t = 93$ с., а также объемная концентрация катионов во всем канале (рис. 4в). Концентрация анионов образует по-

гранслой возле анионообменной мембраны, где она быстро уменьшается от постоянного значения, до, практически, нулевого (рис. 4а). Этот погранслой порождает квазиравновесный погранслой по пространственному заряду. В средней части канала концентрация анионов уменьшается от входа к выходу из канала. Концентрация катионов меняется аналогично с заменой анионообменной на катионообменную мембрану.

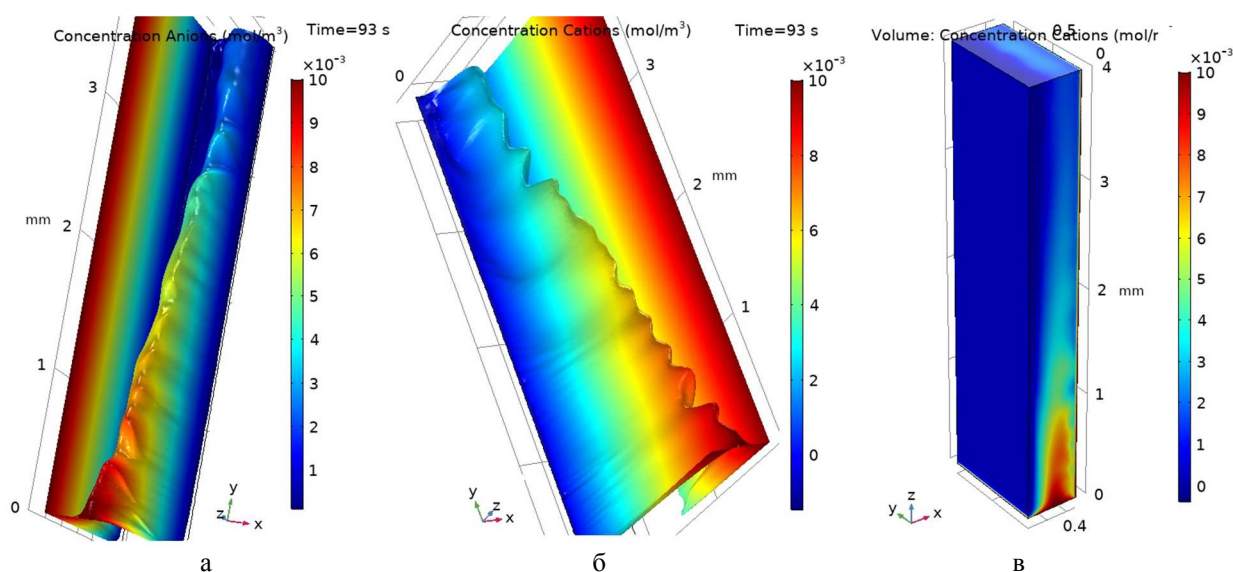


Рисунок 4 – Графики концентраций в канале обессоливания в момент времени $t = 93$ с.

Заключение

В работе предложена трехмерная математическая модель переноса ионов соли 1 : 1 в канале обессоливания с учетом электроконвекции на основе системы классических уравнений НПП и НС с электрической силой и естественными краевыми условиями. Разработан численный метод решения краевой задачи, основанный на распараллеливании вычислений на текущем слое по времени. Установлены основные закономерности возникновения и развития и переноса ионов соли. Показано, что электроконвективные вихри имеют значительно более сложное строение, чем принято считать в современной литературе, а именно электроконвективные вихри существуют в виде кластеров внутри которых могут происходить бифуркации вихрей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 20-58-12018 ННИО_а «Исследование влияния электроконвекции, диссоциации воды и геометрии спейсеров на электродиализное обессоливание в интенсивных токовых режимах».

Литература:

1. Druzgalski C., Mani A. Statistical analysis of electroconvection near an ion-selective membrane in the highly chaotic regime // Phys. Rev. Fluids 1, 073601, 2016. <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevFluids.1.073601>
2. Kang S., Kwak Rh. Pattern Formation of Three-Dimensional Electroconvection on a Charge Selective Surface. Phys. Rev. Lett. 124, 154502, 2020. <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.124.154502>
3. Математическое моделирование переноса ионов и диссоциации воды у границы ионообменная мембрана/раствор в интенсивных токовых режимах / М.Х. Уртенев [и др.] // Мембраны и мембранные технологии. – 2018. – Т. 8. – № 1. – С. 24–33.
4. Чубырь Н.О., Коваленко А.В., Уртенев М.Х. Двумерные математические модели переноса бинарного электролита в мембранных системах (численный и асимптотический анализ) / Министерство образования и науки Российской Федерации, Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2012.

5. Узденова А.М., Коваленко А.В., Уртенев М.А.Х. Математические модели электроконвекции в электромембранных системах. – Карачаевск, 2011.

6. Коваленко А.В., Уртенев М.Х. Краевые задачи для системы электродиффузионных уравнений. Часть 1. – LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, Germany, Saarbrücken, 2011. – 281 с.

7. Theoretical Analysis of the Stationary Transport of 1 : 1 Salt Ions in a Cross-Section of a Desalination Channel / М.Х. Уртенев [и др.] // Membranes. – 2020. – V. 10. – P. 342.

Literature:

1. Druzgalski C., Mani A. Statistical analysis of electroconvection near an ion-selective membrane in the highly chaotic regime // Phys. Rev. Fluids 1, 073601, 2016. <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevFluids.1.073601>

2. Kang S., Kwak Rh. Pattern Formation of Three-Dimensional Electroconvection on a Charge Selective Surface. Phys. Rev. Lett. 124, 154502, 2020. <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.124.154502>

3. Mathematical modeling of ion transport and water dissociation at the ion-exchange membrane/solution interface in intensive current regimes / M.Kh. Urtenov [et al.] // Membranes and Membrane Technologies. – 2018. – V. 8. – № 1. – P. 24–33.

4. Chubyr N.O., Kovalenko A.V., Urtenov M.Kh. Two-dimensional mathematical models of binary electrolyte transfer in membrane systems (numerical and asymptotic analysis) / Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Kuban State Technological University. – Krasnodar, 2012.

5. Uzdenova A.M., Kovalenko A.V., Urtenov M.A. Mathematical models of electroconvection in electromembrane systems. – Karachaevsk, 2011.

6. Kovalenko A.V., Urtenov M.Kh. Marginal Problems for the System of Electrodiffusion Equations. Part 1. – LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, Germany, Saarbrücken, 2011. – 281 p.

7. Theoretical Analysis of the Stationary Transport of 1 : 1 Salt Ions in a Cross-Section of a Desalination Channel / М.Х. Уртенев [и др.] // Membranes. – 2020. – V. 10. – P. 342.

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИЙ НА МНА. МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ

THE EFFECT OF VIBRATIONS ON MNA. METHODS OF DEALING WITH THEM

Кесова Елизавета Феодоровна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
Liza-kesova@mail.ru

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
d.a.inozemtsev@mail.ru

Абдуллаев Марат Наильевич

студент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
marat_abdullaev_00@bk.ru

Аннотация. Все агрегаты с движущимися частями вызывают звук и вибрацию. Вибрация – это механические колебания машин и механизмов, которые характеризуются такими параметрами, как частота, амплитуда, колебательная скорость, колебательное ускорение. Вибрацию порождают неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе машин и не только. При изменении состояния агрегата, так же изменяется его вибрационный показатель. А в свою очередь изменение вибрационного показателя используется для выявления зарождающихся дефектов агрегата до того момента, как они станут критическими.

Ключевые слова: агрегат, вибрации, фундамент, амортизатор, опоры.

Kesova Elizaveta Feodorovna

senior lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban state technological University
Liza-kesova@mail.ru

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

senior lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban state technological University

Abdullaev Marat Nailievich

student of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban state technological University

Annotation. All units with moving parts cause sound and vibration. Vibration is the mechanical vibrations of machines and mechanisms, which are characterized by parameters such as frequency, amplitude, oscillatory velocity, oscillatory acceleration. Vibration is generated by unbalanced force effects that occur during the operation of machines and not only. When the state of the unit changes, its vibration indicator also changes. And in turn, the change in the vibration indicator is used to identify incipient defects of the unit until they become critical.

Keywords: unit, vibration, foundation, shock absorber, supports.

Магистральные насосные станции (МНС) включают в себя несколько основных насосных агрегатов (МНА), размещенных в одном помещении, каждый из которых установлен на собственном фундаменте. Динамические характеристики МНА оказывают большое влияние на динамическую жесткость соединений несущих конструкций с фундаментами и насоса с подводящими и отводящими ответвлениями нефтепровода. Фундамент МНА представляет собой монолитный железобетонный массив, опирающийся на землю. Уменьшение динамической жесткости этих соединений приводит к появлению резонансно-дискретных компонентов в колебательных спектрах блока. Соответствие или даже приближение частот движущих сил, создаваемых рабочим блоком, к таким резонансным частотам может привести к резкому увеличению колебаний блока. При проектировании массогабаритные характеристик фундаментов МНА выбирается таким образом, чтобы минимизировать вибрации, передаваемые от рабочей единицы на грунт, а далее на соседние строительные конструкции и агрегаты.

Поэтому «отстройка» его резонансных частот, связанных с конечной жесткостью механических соединений, частотами большинства сил принуждения оказывает большое влияние на обеспечение нормальных условий работы агрегата.

Однако, поскольку все МНА соединены друг с другом и с коллектором приемными линиями, вибрации, возникающие во время работы каждого МНА, передаются другим блокам через эти неподдерживаемые соединения, как в эксплуатацию, так и в резерве или для ремонта. Вибрация неработающего агрегата, вызванная работой соседних агрегатов, может быть классифицирована как вызванная (наведенная).

Следовательно, при распространении вибрации от рабочих узлов к нерабочим, в последних возбуждаются механические резонансы, спектры индуцированных вибраций образуют нерабочие узлы.

Очевидно, что неработающая МНА, вибрация которой вызвана внешними динамическими силами, характеризуется сложным пространственным расположением роторной системы из роторов двигателя и насоса, соединенных упругой муфтой и подшипниковыми вставками. Одновременный контакт шейки вала ротора со вставками всех подшипников в этом случае крайне редок.

Таким образом, неработающие МНА (обычно МНА, введенные в резерв или ремонт) постоянно находятся под воздействием индуцированных (наведенных) вибрационных нагрузок, возбуждаемых соседними блоками. Под воздействием напряжения системы вращения и подшипники холостого хода сборки постоянно совершают колебательное движение, вызывая локальные повреждения поверхности трения – вала и вставок подшипников (при отсутствии вращения смазочный слой между шейкой вала и подкладкой минимален и может отсутствовать вообще), а также наружных и внутренних колец радиальных подшипников давления.

Каждый раз после остановки агрегата точка соприкосновения трущихся поверхностей будет меняться, и на новом месте появится еще один локальный дефект. Результатом появления таких локальных дефектов является увеличение вибрации на частотах, соответствующих характерным частотам дефектов в подшипниках скольжения и качения агрегата, и, как следствие, снижение надежности агрегата и сокращение срока его службы.

Эффективное снижение вызванной вибрации может быть достигнуто путем оснащения МНА устройствами защиты от вибрации, входящими в систему ВКС: опорными амортизаторами, которые защищают установку от вибрации, передаваемой через фундаментные конструкции, и гибкими вставками на впускном и выпускном трубопроводах, которые уменьшают вибрацию, распространяющуюся по коллекторным трубопроводам насосных и вспомогательных систем.

Литература:

1. Величко Е.И., Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.
2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.
3. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.
4. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.
5. Математическая модель энергического критерия хрупкого разрушения / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 29–32.
6. Исследование математической модели энергического критерия разрушения хрупких материалов / В.И. Дунаев [и др.] // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2019. – Т. 16. – № 1. – С. 21–25.
7. Кесова Е.Ф., Терещенко И.А. Обзор метода ультразвуковой дефектоскопии // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 43–46.
8. Кесова Е.Ф., Терещенко И.А. Методы анализа вибраций редукторов в диагностике // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 40–42.
9. Приходько М.Г., Кесова Е.Ф., Бунякин А.В. Расчет и оптимизация теплового насоса в комбинации с бинарной энергоустановкой для использования отработавших нефтяных и газовых скважин в качестве теплового коллектора // Сборник лучших научных работ молодых ученых Кубанского государственного технологического университета, отмеченных наградами на конкурсах. – Краснодар, 2018. – С. 72–74.

Literature:

1. Velichko E.I., Kesova E.F., Inozemtsev D.A. Analysis of features and calculation of multiplier gears // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.
2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.
3. Failures detected by the method of GTE diagnosing by thermogasdynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.
4. Inozemtsev D.A., Tereschenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnosing gas compressor units // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.
5. Mathematical model of energy criterion of brittle fracture / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of International Scientific-Practical Confer-

ence devoted to the 75-th anniversary of the Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 29–32.

6. Study of the mathematical model of the energy criterion for fracture of brittle materials / V.I. Dunayev [et al.] // Environmental Bulletin of Scientific Centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2019. – V. 16. – № 1. – P. 21–25.

7. Kesova E.F., Tereshchenko I.A. Review of the method of ultrasonic flaw detection // REFERATOTECH : Materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 43–46.

8. Kesova E.F., Tereshchenko I.A. Methods of analysis of gearbox vibrations in diagnostics // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 40–42.

9. Prikhodko M.G., Kesova E.F., Bunyakin A.V. Calculation and optimization of a heat pump in combination with a binary power plant to use waste oil and gas wells as a heat collector // Collection of the best scientific papers of young scientists of Kuban State Technological University, awarded at competitions. – Krasnodar, 2018. – P. 72–74.

ЗАЩИТА ВНУТРЕННИХ СТАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РЕЗЕРВУАРОВ

PROTECTION OF INTERNAL STEEL SURFACES OF TANKS

Кесова Елизавета Феодоровна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет»
Liza-kesova@mail.ru

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
d.a.inozemtsev@mail.ru

Абдуллаев Марат Наильевич

Студент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
marat_abdullaev_00@bk.ru

Аннотация. На нефтебазах и в товарных парках нефтеперерабатывающих заводов в эксплуатации находится значительное количество технологического оборудования, в том числе стальных резервуаров, предназначенных для хранения нефтепродуктов и находящихся под воздействием агрессивных сред, могут разрушаться со временем.

Ключевые слова: резервуар, защитные покрытия, коррозионные дефекты, металл (сталь), агрессивная среда.

Kesova Elizaveta Feodorovna

senior lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban state technological University
Liza-kesova@mail.ru

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

senior lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban state technological University
d.a.inozemtsev@mail.ru

Abdullaev Marat Nailievich

student of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban state technological University
marat_abdullaev_00@bk.ru

Annotation. At oil depots and in the product parks of oil refineries, a significant amount of technological equipment is in operation, including steel tanks intended for the storage of petroleum products and which are exposed to aggressive media, can be destroyed over time.

Keywords: tank, protective coatings, corrosion defects, metal (steel), aggressive environment.

Внутренние поверхности резервуаров находятся в постоянном контакте с различными, часто агрессивными, химическими веществами. На незащищенной внутренней поверхности резервуаров в среде нефтепродуктов развиваются различ-

ные процессы коррозии (химическая, электрохимическая и др.). В основе любых коррозионных повреждений металла лежат процессы, инициируемые присутствием воды, даже в самых незначительных количествах. Поэтому защита стали в данном случае имеет первостепенное значение для предотвращения нежелательных затрат и опасных утечек содержимого резервуара.

Причем учеными доказано, что 50 % коррозионных повреждений металла в различных средах связано с микробиологической коррозией, принимающей активное участие в образовании сквозных коррозионных дефектов на металлической поверхности. В настоящее время этот факт подтверждается на практике в процессе хранения авиакеросина ТС-1.

Для поддержания резервуаров в работоспособном состоянии должен проводиться ряд мероприятий, от которых зависит надежность их эксплуатации, степень риска аварийности при сливо-наливных операциях, качество хранимого нефтепродукта, а также уровень экологической безопасности предприятий.

Подготовка поверхности должна включать следующие этапы:

- очистка соответствующим методом от накопившихся загрязнений – масел, солей, смазочных материалов и т.п.;
- устранение дефектов металла;
- абразивоструйная очистка до степени – не менее Sa2½ обеспечивающая достаточную шероховатость (профиль) поверхности. Рекомендованная шероховатость поверхности после абразивоструйной очистки: 50÷70 мкм.

Наиболее оптимальной формой защиты металла резервуаров являются различные покрытия. Они могут быть металлические, лакокрасочные на органической и неорганической основах, а также иметь характер облицовки. Для обеспечения качественной защиты стальной поверхности используются системы из двухкомпонентных лакокрасочных материалов (ЛКМ). Использование лакокрасочных покрытий (ЛКП) является наиболее приемлемым методом по ряду причин. Во-первых, применение покрытий (при гарантии их эксплуатации не менее 10 лет) экономически выгодно и составляет от 11 до 15 % стоимости резервуара в зависимости от его типа и размера. Во-вторых, противокоррозионная защита (ПКЗ) с использованием ЛКП может быть выполнена как на месте эксплуатации резервуаров, так и в заводских условиях. Такие покрытия имеют плотную структуру, стойкую к продолжительным химическим и механическим воздействиям. Тщательная подготовка внутренней поверхности резервуара перед окраской позволяет получить высокие показатели адгезии лакокрасочные поверхности (ЛКП) к подложке и высокую сплошность готового покрытия.

При разработке защитных покрытий для внутренних поверхностей резервуаров целесообразно руководствоваться следующими правилами:

1. При контакте с покрытием должно сохраняться качество хранимого нефтепродукта в резервуаре.
2. Топливостойкое покрытие должно обладать бактерицидными свойствами.
3. Современное покрытие должно иметь высокое содержание сухого остатка (более 50 % мас.). В настоящее время практикуется нанесение покрытия оптимальной толщины за 1–2 слоя окраски поверхности.
4. В покрытии должно быть низкое содержание токсичных растворителей или они должны быть заменены на активные разбавители. Активные разбавители позволяют наносить ЛКМ безвоздушным распылением без подогрева и улучшать растекаемость лакокрасочных составов на окрашиваемой металлической поверхности.
5. Должны быть снижены температуры нанесения ЛКМ. Это требование позволяет расширять сезонные пределы окрашивания поверхностей стальных резервуаров.
6. Должен быть ускорен процесс отверждения пленки покрытия. В этом случае сушка покрытия не тормозит технологический процесс ПКЗ.

7. Возможность совместимости защитного покрытия со средствами консервации чистой поверхности и поверхности с остаточной ржавчиной, что ведет к увеличению защитных свойств пленки покрытия, а, следовательно, к увеличению срока защиты.

8. Покрытие должно быть экономически оправдано по стоимости и сроку эксплуатации.

Как правило система окраски внутренней поверхности резервуаров состоит из продуктов, содержащих минимальное количество ЛОС, и при их нанесении используется минимальное количество растворителей. Наиболее перспективными в этом отношении являются новые ЛКМ на основе модифицированных эпоксидных смол и полиуретанов.

В настоящее время разработано несколько защитных безрастворительных лакокрасочных систем на основе эпоксидных составов с оптимальным сочетанием совместимых по химической природе биодобавок с целью подавления наиболее коррозионно-агрессивных микроорганизмов на внутренней поверхности резервуара, заполненного нефтепродуктами. Последняя разработка отличается от предыдущих безрастворительных эпоксидных составов этого ряда оригинальным новым отвердителем и наличием разбавителя, участвующего в процессе отверждения пленки покрытия и отсутствием необходимости подогрева перед нанесением высоковязкого состава.

Tikkurila Industry предлагает системы покрытий для защиты внутренних поверхностей резервуаров и емкостного технологического оборудования с категорией коррозионной нагрузки в соответствии со стандартом ISO 12944-5.

Защитная отечественная биостойкая система покрытий ТАНЭП-651 представляет собой оригинальную модификацию безрастворительного эпоксидного покрытия, и ее целесообразно рекомендовать для нанесения на внутреннюю поверхность средств хранения и транспортирования нефтепродуктов.

Литература:

1. Величко Е.И., Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.

3. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.

4. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.

5. Математическая модель энергического критерия хрупкого разрушения / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 29–32.

6. Исследование математической модели энергического критерия разрушения хрупких материалов / В.И. Дунаев [и др.] // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2019. – Т. 16. – № 1. – С. 21–25.

7. Кесова Е.Ф., Терещенко И.А. Обзор метода ультразвуковой дефектоскопии // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 43–46.

8. Кесова Е.Ф., Терещенко И.А. Методы анализа вибраций редукторов в диагностике // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 40–42.

9. Приходько М.Г., Кесова Е.Ф., Бунякин А.В. Расчет и оптимизация теплового насоса в комбинации с бинарной энергоустановкой для использования отработавших нефтяных и газовых скважин в качестве теплового коллектора // Сборник лучших научных работ молодых ученых Кубанского государственного технологического университета, отмеченных наградами на конкурсах. – Краснодар, 2018. – С. 72–74.

Literature:

1. Velichko E.I., Kesova E.F., Inozemtsev D.A. Analysis of features and calculation of multiplier gears // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.

3. Failures detected by the method of GTE diagnosing by thermogasdynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.

4. Inozemtsev D.A., Tereschenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnosing gas compressor units // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.

5. Mathematical model of energy criterion of brittle fracture / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of International Scientific-Practical Conference devoted to the 75-th anniversary of the Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 29–32.

6. Study of the mathematical model of the energy criterion for fracture of brittle materials / V.I. Dunayev [et al.] // Environmental Bulletin of Scientific Centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2019. – V. 16. – № 1. – P. 21–25.

7. Kesova E.F., Tereshchenko I.A. Review of the method of ultrasonic flaw detection // REFERATOTECH : Materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 43–46.

8. Kesova E.F., Tereschenko I.A. Methods of analysis of gearbox vibrations in diagnostics // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 40–42.

9. Prikhodko M.G., Kesova E.F., Bunyakin A.V. Calculation and optimization of a heat pump in combination with a binary power plant to use waste oil and gas wells as a heat collector // Collection of the best scientific papers of young scientists of Kuban State Technological University, awarded at competitions. – Krasnodar, 2018. – P. 72–74.

СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА (ПГН)

METHODS OF UTILIZATION OF ASSOCIATED PETROLEUM GAS (APG)

Кесова Елизавета Феодоровна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет»
Liza-kesova@mail.ru

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
d.a.inozemtsev@mail.ru

Абдуллаев Марат Наильевич

Студент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
marat_abdullaev_00@bk.ru

Аннотация. Попутный нефтяной газ – побочный продукт добычи нефти. До недавнего времени этот компонент не находил себе применения, так как не было разработано эффективных способов утилизации попутного нефтяного газа которые были бы эффективными.

Ключевые слова: попутный нефтяной газ (ПГН), утилизация, сжигание, химическая промышленность, обратная закачка, переработка, получение продукта.

Kesova Elizaveta Feodorovna

senior lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban state technological University
Liza-kesova@mail.ru

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

senior lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban state technological University
d.a.inozemtsev@mail.ru

Abdullaev Marat Nailievich

student of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban state technological University
marat_abdullaev_00@bk.ru

Annotation. Associated petroleum gas is a by-product of oil production. Until recently, this component was not used, since there were no effective ways to dispose of associated petroleum gas that would be effective.

Keywords: associated petroleum gas(APG), utilization, incineration, chemical industry, re-injection, processing, product production.

Из-за отсутствия необходимых установок и технологий для сбора, транспортировки и переработки этого продукта, а также из-за низкого потребитель-

ского спроса он был сожжен в факелах. В зависимости от района добычи нефти 1 тонна может содержать от нескольких кубометров до нескольких тысяч кубометров газовых включений. Они содержат большой процент бутанов, пропанов и паров более тяжелых углеводородов. Кроме того, смесь может содержать меркаптаны и диоксид углерода, сероводород, аргон, гелий и другие химические вещества.

Сегодня существуют различные способы утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ). Они позволяют горнодобывающим и транспортным компаниям избежать сжигания этого ценного и незаменимого ресурса.

Метод сжигания попутного нефтяного газа приводит к усилению парникового эффекта, а также представляет угрозу для здоровья человека из-за больших объемов выбрасываемого углекислого газа.

ПНГ может быть утилизирован несколькими способами в зависимости от состава сырья. Условно можно разделить методы, которыми осуществляется утилизация попутного нефтяного газа, на два вида:

- энергетический – различные виды топлива;
- нефтехимический – промышленное сырье.

Под способом подготовки и переработки нефтяного газа имеются в виду следующие:

- переработка попутного нефтяного газа для использования в качестве топлива;
- сжижение газов;
- метод Фишера-Тропша.

Таким образом, его можно эффективно использовать в энергетическом секторе, а большой процент тяжелых углеводородов делает газ ценным сырьем в химической промышленности.

Однако два фактора препятствуют успешному использованию попутного нефтяного газа в экономике. Во-первых, это нестабильность его состава и наличие большого количества примесей, а во-вторых, необходимость значительных затрат на его «сушку». Дело в том, что нефтяные газы имеют влажность 100 %.

Отдельно стоит выделить такие виды работ с попутным нефтяным газом:

- обратная закачка – газ направляется по специальному каналу в пласт для интенсификации добычи;
- газлифт – газ закачивают в скважину компрессорным или бескомпрессорным методом.

Поскольку попутный газ добывается в непосредственной близости от нефтяного месторождения, его можно использовать в качестве инструмента для увеличения нефтеотдачи. Для этого в пласт закачивают ПНГ и различные рабочие жидкости. По результатам практических замеров выяснилось, что дополнительная добыча с каждого участка составляет 5–10 тысяч тонн в год. Этот способ утилизации газа по-прежнему предпочтительнее сжигания. Кроме того, существуют современные разработки, повышающие его эффективность.

Другой метод – фракционная переработка ПНГ. Внедрение этой технологии позволяет добиться увеличения рентабельности и эффективности производства. Товарные продукты, получаемые в результате переработки углеводородного сырья: бензин, стабильный конденсат, пропан-бутановая фракция, ароматические углеводороды и многое другое. В целях оптимизации использования технологических достижений применяется блочно-компактное оборудование для переработки сырья.

Отметим обработку ПНГ. Переработка ПНГ начинается с его очистки. Очистка от механических примесей, углекислого газа и сероводорода проводится для улучшения качества продукта. Сначала охлаждается ПНГ, при этом все примеси конденсируются в градирнях, циклонах, электрофильтрах, пенопласте и других устройствах. Затем происходит процесс сушки, при котором влага поглощается твердыми или жидкими веще-

ствами. Этот процесс считается обязательным, так как чрезмерное количество влаги значительно увеличивает стоимость транспортировки и затрудняет использование конечного продукта.

В настоящее время у ПНГ большие перспективы для химической и энергетической отраслей. Содержащиеся в нем метан и этан могут быть использованы для производства резины и пластмасс, а также топливных присадок, ароматических углеводородов и сжиженного пропан-бутана. При этом ПНГ имеет высокую теплотворную способность, которая находится в пределах 9–15 тыс. Ккал/м³. Однако перед тем, как использовать его для выработки электроэнергии, следует убедиться, что продукт очищен от многих примесей (сушка).

Все способы требуют экономических затрат в секторах утилизации, некоторые из них позволяют увеличить прибыль в долгосрочном периоде, некоторые уйти от огромных налогов и осуществлять метод на грани рентабельности во избежание уплаты штрафов. Некоторые методы можно применять только для ограниченного количества газа, если месторождение удалено от населенных пунктов (генерация электроэнергии).

Литература:

1. Величко Е.И., Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.

3. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.

4. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.

5. Математическая модель энергетического критерия хрупкого разрушения / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 29–32.

6. Исследование математической модели энергетического критерия разрушения хрупких материалов / В.И. Дунаев [и др.] // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2019. – Т. 16. – № 1. – С. 21–25.

7. Кесова Е.Ф., Терещенко И.А. Обзор метода ультразвуковой дефектоскопии // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 43–46.

8. Кесова Е.Ф., Терещенко И.А. Методы анализа вибраций редукторов в диагностике // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 40–42.

9. Приходько М.Г., Кесова Е.Ф., Бунякин А.В. Расчет и оптимизация теплового насоса в комбинации с бинарной энергоустановкой для использования отработавших нефтяных и газовых скважин в качестве теплового коллектора // Сборник лучших научных работ молодых ученых Кубанского государственного технологического университета, отмеченных наградами на конкурсах. – Краснодар, 2018. – С. 72–74.

10. Анализ дефектов опорных элементов газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций магистральных газопроводов / П.С. Кунина [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2016. – № 4. – С. 68–75.

11. Влияние отложений на лопатках на работу нагнетателя газоперекачивающего агрегата / П.С. Кунина [и др.] // Нефть. Газ. Новации. – 2018. – № 5. – С. 55–57.

12. Проблемы анализа технического состояния современных приводов компрессорных установок магистральных газопроводов / П.С. Кунина [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2019. – № 3. – С. 56–58.

Literature:

1. Velichko E.I., Kesova E.F., Inozemtsev D.A. Analysis of features and calculation of multiplier gears // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.

3. Failures detected by the method of GTE diagnosing by thermogasdynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.

4. Inozemtsev D.A., Tereschenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnosing gas compressor units // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.

5. Mathematical model of energy criterion of brittle fracture / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of International Scientific-Practical Conference devoted to the 75-th anniversary of the Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 29–32.

6. Study of the mathematical model of the energy criterion for fracture of brittle materials / V.I. Dunayev [et al.] // Environmental Bulletin of Scientific Centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2019. – V. 16. – № 1. – P. 21–25.

7. Kesova E.F., Tereshchenko I.A. Review of the method of ultrasonic flaw detection // REFERATOTECH : Materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 43–46.

8. Kesova E.F., Tereschenko I.A. Methods of analysis of gearbox vibrations in diagnostics // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 40–42.

9. Prikhodko M.G., Kesova E.F., Bunyakin A.V. Calculation and optimization of a heat pump in combination with a binary power plant to use waste oil and gas wells as a heat collector // Collection of the best scientific papers of young scientists of Kuban State Technological University, awarded at competitions. – Krasnodar, 2018. – P. 72–74.

10. Analysis of defects in support elements of gas compressor units of compressor stations of main gas pipelines / P.S. Kunina [et al.] // Territoria Neftegaz. – 2016. – № 4. – P. 68–75.

11. Influence of deposits on the blades on the operation of the gas compressor unit / P.S. Kunina [et al.] // Neft. Gas. novation. – 2018. – № 5. – P. 55–57.

12. Problems of analyzing the technical condition of modern drives of compressor units of main gas pipelines / P.S. Kunina [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2019. – № 3. – P. 56–58.

НЕУРАВНОВЕШЕННОСТЬ РОТОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

UNBALANCE OF THE MOTOR ROTOR

Кесова Елизавета Феодоровна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет»
Liza-kesova@mail.ru

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
d.a.inozemtsev@mail.ru

Абдуллаев Марат Наильевич

Студент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
marat_abdullaev_00@bk.ru

Аннотация. Неуравновешенность ротора возникает в результате действия центробежной силы, которая вызывает колебания на частоте вращения вала. Центробежная сила может вызывать колебания не только в радиальном направлении, но и в осевом, особенно на роторах консольного или смешанного типа.

Ключевые слова: электродвигатель, вибрации, уравновешенность, ротор, дисбаланс.

Kesova Elizaveta Feodorovna

senior lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban state technological University
Liza-kesova@mail.ru

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

senior lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban state technological University
d.a.inozemtsev@mail.ru

Abdullaev Marat Nailievich

student of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban state technological University
marat_abdullaev_00@bk.ru

Annotation. The unbalance of the rotor occurs as a result of the action of the centrifugal force, which causes fluctuations in the speed of the shaft. The centrifugal force can cause vibrations not only in the radial direction, but also in the axial direction, especially on cantilever or mixed-type rotors.

Keywords: electric motor, vibration, balance, rotor, unbalance.

Неуравновешенность (дисбаланс) роторного оборудования существует всегда в той или иной степени. Причиной дисбаланса является несовпадение центров масс вращающихся роторов с осью вращения. Это несовпадение может быть вызвано разными причинами, такими как неправильный монтаж, заводские дефекты, из-

нос и дефекты, возникшие при эксплуатации агрегатов, прогиб ротора и др. Предельными случаями дисбаланса являются статический дисбаланс и дисбаланс моментов (динамический дисбаланс).

Вынуждающими силами при динамическом дисбалансе являются центробежные силы, создаваемые массами, вращающихся вокруг центра вращения, поэтому вибрация, вызванная дисбалансом, является гармоническим процессом с частотой, совпадающей с частотой вращения ротора:

$$f_1 = \frac{N}{60} \text{ (Гц)},$$

где N – частота вращения ротора в об/мин.

Статическая неуравновешенность характеризуется тем, что главная центральная ось инерции ротора расположена параллельно оси его вращения, а центр масс ротора смещен от оси вращения на величину e статическое.

Статическая неуравновешенность проявляется в статике: если ось вращения ротора установить на призмы, то ротор, стремясь занять положение устойчивого положения равновесия, будет поворачиваться. Для статического уравновешивания необходимо, чтобы

$$-\bar{D}_K = \bar{D}_{СТ},$$

где $\bar{D}_{СТ}$ – статический дисбаланс; \bar{D}_K – корректирующий дисбаланс.

Однако бывают случаи, когда в силу конструктивных особенностей ротора нельзя установить одну корректирующую массу. Тогда устанавливают две корректирующих масс в разных плоскостях.

Бывает другой случай статической неуравновешенности, когда ротор по своему объему имеет какие-либо включения сторонних предметов или частиц.

Моментная неуравновешенность характеризуется тем, что центр масс ротора расположен на оси его вращения, главная центральная ось инерции повернута относительно оси вращения на некоторый угол γ . Моментная неуравновешенность проявляется только при вращении ротора (появляются биения на опорах).

Для устранения моментной неуравновешенности выбирают в произвольном месте две корректирующие плоскости. Выберем их так, чтобы одна проходила через опору А, другая – через опору В. Для моментного уравновешивания необходимо чтобы

$$\bar{M}_K = -\bar{M}_Д,$$

где $\bar{M}_Д$ – динамический момент; \bar{M}_K – корректирующий момент.

Таким образом, для устранения моментной неуравновешенности необходимо иметь две корректирующие массы, которые размещают в 2-х корректирующих плоскостях.

Динамическая неуравновешенность является общим случаем неуравновешенности ротора, а именно имеет место как статическая, так и моментная неуравновешенности. Динамическая неуравновешенность устраняется путем установки двух корректирующих масс в двух корректирующих плоскостях. При этом дисбалансы корректирующих масс в 1-ой и во 2-ой плоскостях неравны и непараллельны. При этом центр масс ротора не лежит на оси вращения, и главная центральная ось инерции повернута на угол γ относительно оси вращения.

Рабочая частота вращения роторов электродвигателей типа 4А3МВ-2000/10000 и 4А3МВ-2500/10000 составляет 2979 об/мин. При частоте питающей сети 50 Гц основная дискретная составляющая вибрации, вызванной дисбалансом, с учетом колебаний частоты вращения наблюдается на частоте $49,65 \pm 0,74$ Гц и попадает в 1/3-октавную полосу со средней частотой 50 Гц.

Основным признаком дисбаланса является наличие дискретной составляющей спектра виброскорости подшипниковых узлов в радиальных направлениях, т.е. в вертикальном и горизонтально-поперечном направлениях на частоте вращения ротора. При этом горизонтально-осевая составляющая виброскорости на этой частоте меньше вертикальной и горизонтально-поперечной составляющих. В спектрах вибрации, вызванной дисбалансом, могут наблюдаться вторая и третья гармоники оборотной частоты, однако их уровни всегда меньше уровня оборотной составляющей. С учетом колебаний оборотной частоты вторая гармоника дисбалансной составляющей вибрации может проявляться на частоте $99,3 \pm 1,49$ Гц, третья – на частоте $148,95 \pm 2,23$ Гц.

Дополнительными признаком дисбаланса, является возрастание амплитуды вибрации при увеличении частоты вращения и, наоборот, ее уменьшение при уменьшении частоты, поскольку амплитуда вынуждающей центробежной силы пропорциональна квадрату частоты вращения. Этот признак может быть использован для отделения дисбаланса от других причин, вызывающих вибрацию, на оборотной частоте.

Наиболее эффективным методом снижения вибрации электродвигателя, вызванной динамическим дисбалансом его ротора, является динамическая балансировка ротора в собственных подшипниках по месту эксплуатации.

Литература:

1. Величко Е.И., Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.

3. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.

4. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.

5. Математическая модель энергического критерия хрупкого разрушения / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 29–32.

6. Исследование математической модели энергического критерия разрушения хрупких материалов / В.И. Дунаев [и др.] // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2019. – Т. 16. – № 1. – С. 21–25.

7. Кесова Е.Ф., Терещенко И.А. Обзор метода ультразвуковой дефектоскопии // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 43–46.

8. Кесова Е.Ф., Терещенко И.А. Методы анализа вибраций редукторов в диагностике // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 40–42.

9. Приходько М.Г., Кесова Е.Ф., Бунякин А.В. Расчет и оптимизация теплового насоса в комбинации с бинарной энергоустановкой для использования отработавших нефтяных и газовых скважин в качестве теплового коллектора // Сборник лучших научных работ молодых ученых Кубанского государственного технологического университета, отмеченных наградами на конкурсах. – Краснодар, 2018. – С. 72–74.

10. Анализ дефектов опорных элементов газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций магистральных газопроводов / П.С. Кунина [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2016. – № 4. – С. 68–75.

11. Влияние отложений на лопатках на работу нагнетателя газоперекачивающего агрегата / П.С. Кунина [и др.] // Нефть. Газ. Новации. – 2018. – № 5. – С. 55–57.

12. Проблемы анализа технического состояния современных приводов компрессорных установок магистральных газопроводов / П.С. Кунина [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2019. – № 3. – С. 56–58.

Literature:

1. Velichko E.I., Kesova E.F., Inozemtsev D.A. Analysis of features and calculation of multiplier gears // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.

3. Failures detected by the method of GTE diagnosing by thermogasdynamics parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.

4. Inozemtsev D.A., Tereschenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnosing gas compressor units // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.

5. Mathematical model of energy criterion of brittle fracture / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of International Scientific-Practical Conference devoted to the 75-th anniversary of the Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 29–32.

6. Study of the mathematical model of the energy criterion for fracture of brittle materials / V.I. Dunayev [et al.] // Environmental Bulletin of Scientific Centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2019. – V. 16. – № 1. – P. 21–25.

7. Kesova E.F., Tereshchenko I.A. Review of the method of ultrasonic flaw detection // REFERATOTECH : Materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 43–46.

8. Kesova E.F., Tereschenko I.A. Methods of analysis of gearbox vibrations in diagnostics // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 40–42.

9. Prikhodko M.G., Kesova E.F., Bunyakin A.V. Calculation and optimization of a heat pump in combination with a binary power plant to use waste oil and gas wells as a heat collector // Collection of the best scientific papers of young scientists of Kuban State Technological University, awarded at competitions. – Krasnodar, 2018. – P. 72–74.

10. Analysis of defects in support elements of gas compressor units of compressor stations of main gas pipelines / P.S. Kunina [et al.] // Territoria Neftegaz. – 2016. – № 4. – P. 68–75.

11. Influence of deposits on the blades on the operation of the gas compressor unit / P.S. Kunina [et al.] // Neft. Gas. novation. – 2018. – № 5. – P. 55–57.

12. Problems of analyzing the technical condition of modern drives of compressor units of main gas pipelines / P.S. Kunina [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2019. – № 3. – P. 56–58.

ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

SELECTION OF MATERIALS FOR OIL AND GAS PRODUCTION

Кесова Елизавета Феодоровна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет»
Liza-kesova@mail.ru

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
d.a.inozemtsev@mail.ru

Абдуллаев Марат Наильевич

Студент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
marat_abdullaev_00@bk.ru

Аннотация. Для изготовления нефтеперерабатывающего оборудования в основном используются конструкционные материалы, устойчивые к агрессивным средам. Выбирая материалы для устройств, работающих под давлением при низких и высоких температурах, необходимо учитывать, что механические свойства материалов значительно меняются с температурой.

Ключевые слова: материалы, металл, давление, устойчивость, температура, прочность.

Kesova Elizaveta Feodorovna

senior lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban state technological University
Liza-kesova@mail.ru

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

senior lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban state technological University
d.a.inozemtsev@mail.ru

Abdullaev Marat Nailievich

student of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban state technological University
marat_abdullaev_00@bk.ru

Annotation. For the manufacture of oil refining equipment, structural materials that are resistant to aggressive environments are mainly used. When choosing materials for devices that operate under pressure at low and high temperatures, it is necessary to take into account that the mechanical properties of the materials change significantly with temperature.

Keywords: electric materials, metal, pressure, stability, temperature, strength.

О борудование для нефтехимических, нефтегазоперерабатывающих и нефтегазодобывающих предприятий работает в самых разных условиях, которые определяются температурой, давлением и агрессивностью окружающей среды. Поэто-

му при изготовлении оборудования выбранные материалы должны обладать свойствами, способными противостоять действию этих факторов, то есть иметь необходимую прочность, пластичность, ударную вязкость в широком диапазоне температур и высокую химическую стойкость в различных средах.

Кроме того, эти материалы должны быть обрабатываемыми, то есть иметь возможность работать под давлением, резать и свариваться.

Как правило, прочностные свойства металлов и сплавов повышаются при низких температурах и снижаются при высоких.

Когда нагрузка прикладывается статически, предел текучести и предел прочности являются важными характеристиками для оценки прочности материала. Упругие свойства металлов характеризуются значениями модуля нормальной упругости и коэффициента Пуансона.

При динамическом приложении нагрузки, помимо вышеперечисленных характеристик, необходимо также учитывать значение ударной вязкости. Для многих углеродистых и легированных сталей ударная вязкость при низких температурах (обычно ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$) резко падает, что не позволяет использовать эти материалы в таких условиях. Ударная вязкость большинства цветных металлов и их сплавов (медь и ее сплавы, алюминий и его сплавы, никель и его сплавы), а также хромоникелевых сталей при низких температурах несколько снижается, а пластические свойства этих материалов остаются на уровне достаточно высокий уровень, что дает возможность использовать их при рабочих температурах до $-254\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Поведение сталей при высоких температурах. При высоких температурах происходит значительное снижение основных показателей, характеризующих прочностные свойства металлов и их сплавов. Кроме того, поведение металлов под нагрузкой при высоких температурах отличается от их поведения при нормальных температурах внутри производственных помещений. Предел прочности и предел текучести зависят от времени нахождения под нагрузкой и скорости нагружения, поскольку с повышением температуры металл переходит из упругого состояния в упругопластическое и под нагрузкой непрерывно деформируется (явление ползучести, релаксации, нарушения устойчивости конструкции). Интенсивность и характер этих явлений зависят от химического состава и структуры сталей. Температуры начала ползучести различны для разных металлов.

Понижение механических свойств при высоких температурах обусловлено происходящими в металле структурными и фазовыми превращениями. В большинстве случаев для аппаратуры, предназначенной для работы при высоких температурах, применяют специальные марки сталей, характеризующихся достаточной механической прочностью и стабильностью структуры при высоких температурах. О теплоустойчивости стали судят по сопротивлению ползучести.

В условиях высоких температур некоторые стали имеют тенденцию к нарушению структурной стабильности, в основном к графитизации, межкристаллитной коррозии и термической хрупкости.

Явление графитации, наблюдаемое при температурах выше $475\text{ }^{\circ}\text{C}$, связано с разрушением карбида углерода и образованием цепочек свободного графита в зоне сварных швов.

Эти металлы должны обладать не только жаропрочностью, но и термостойкостью, то есть способностью противостоять коррозионному воздействию окружающей среды в условиях длительной эксплуатации при высоких температурах.

Некоторые стали в результате длительной эксплуатации при температурах выше $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ значительно теряют ударную вязкость при сохранении других механических свойств. Это явление, называемое термической хрупкостью, часто наблюдается в низколегированных сталях. Поэтому для стабилизации свойств в них добавляют молибден, вольфрам, ванадий.

Поведение сталей при низких температурах. Некоторые процессы нефтепереработки и нефтехимии проводятся при отрицательных температурах (ниже 0 °С). Выбирая сталь для оборудования, используемого в этих процессах, вам необходимо знать, как меняются ее механические свойства при низких температурах. Предел прочности на разрыв, предел текучести, модуль упругости и удлинение стали при понижении температуры изменяются незначительно, но для всех сталей наблюдается сильное падение вязкости.

Аппараты, работающие при низких температурах, изготавливают из качественной мартеновской стали, с небольшим содержанием серы и фосфора (область применения до –40 °С), из низколегированной стали с добавкой марганца (до –70 °С), из высоколегированных хромоникелевых сталей (до –254 °С).

Цветные металлы и их сплавы, не подверженные хладноломкости, широко используются при низких температурах.

В нефтегазовой и нефтехимической промышленности основным методом изготовления неразъемных соединений металла является сварка. Хорошая свариваемость металлов – одно из основных и необходимых условий, определяющих пригодность материалов для безопасной эксплуатации конструкции аппарата.

Таким образом, при проектировании оборудования нефтегазовых заводов, отвечающего требованиям безопасной эксплуатации, к конструкционным материалам следует предъявлять следующие основные требования:

1) достаточная общая химическая и коррозионная стойкость материала в агрессивной среде с заданной концентрацией, температурой и давлением, при которых осуществляется технологический процесс, а также стойкость к другим возможным видам коррозионного разрушения;

2) достаточная механическая прочность при заданных давлениях и температурах технологического процесса, а также с учетом воздействия на устройства разного рода дополнительных нагрузок: ветра, прогиба от собственного веса и др.;

3) лучшая способность свариваемых материалов при обеспечении высоких механических свойств и коррозионной стойкости их сварных соединений в агрессивной среде.

При изготовлении нефтегазового оборудования наибольшее применение получили стали – углеродистые и легированные, сравнительно редко – чугуны, цветные металлы и их сплавы. Также используются неметаллические материалы: винипласт, резина, химически стойкий текстолит, бетонные покрытия, пластмассы.

Литература:

1. Величко Е.И., Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.

3. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.

4. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.

5. Исследование математической модели энергетического критерия разрушения хрупких материалов / В.И. Дунаев [и др.] // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2019. – Т. 16. – № 1. – С. 21–25.

6. Кесова Е.Ф., Терещенко И.А. Обзор метода ультразвуковой дефектоскопии // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 43–46.
7. Кесова Е.Ф., Терещенко И.А. Методы анализа вибраций редукторов в диагностике // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 40–42.
8. Приходько М.Г., Кесова Е.Ф., Бунякин А.В. Расчет и оптимизация теплового насоса в комбинации с бинарной энергоустановкой для использования отработавших нефтяных и газовых скважин в качестве теплового коллектора // Сборник лучших научных работ молодых ученых Кубанского государственного технологического университета, отмеченных наградами на конкурсах. – Краснодар, 2018. – С. 72–74.
9. Анализ дефектов опорных элементов газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций магистральных газопроводов / П.С. Кунина [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2016. – № 4. – С. 68–75.
10. Влияние отложений на лопатках на работу нагнетателя газоперекачивающего агрегата / П.С. Кунина [и др.] // Нефть. Газ. Новации. – 2018. – № 5. – С. 55–57.
11. Проблемы анализа технического состояния современных приводов компрессорных установок магистральных газопроводов / П.С. Кунина [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2019. – № 3. – С. 56–58.
12. Величко Е.И. Совершенствование методов диагностики промышленного оборудования, обеспечивающих сокращение потерь скважинной продукции, с целью повышения его эффективности : дис. ... канд. техн. наук / Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2010

Literature:

1. Velichko E.I., Kesova E.F., Inozemtsev D.A. Analysis of features and calculation of multiplier gears // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.
2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.
3. Failures detected by the method of GTE diagnosing by thermogasdynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.
4. Inozemtsev D.A., Tereshchenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnosing gas compressor units // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.
5. Study of the mathematical model of the energy criterion for fracture of brittle materials / V.I. Dunayev [et al.] // Environmental Bulletin of Scientific Centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2019. – V. 16. – № 1. – P. 21–25.
6. Kesova E.F., Tereshchenko I.A. Review of the method of ultrasonic flaw detection // REFERATOTECH : Materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 43–46.
7. Kesova E.F., Tereshchenko I.A. Methods of analysis of gearbox vibrations in diagnostics // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 40–42.
8. Prikhodko M.G., Kesova E.F., Bunyakin A.V. Calculation and optimization of a heat pump in combination with a binary power plant to use waste oil and gas wells as a heat collector // Collection of the best scientific papers of young scientists of Kuban State Technological University, awarded at competitions. – Krasnodar, 2018. – P. 72–74.

9. Analysis of defects in support elements of gas compressor units of compressor stations of main gas pipelines / P.S. Kunina [et al.] // *Territoria Neftegaz.* – 2016. – № 4. – P. 68–75.

10. Influence of deposits on the blades on the operation of the gas compressor unit / P.S. Kunina [et al.] // *Neft. Gas. novation.* – 2018. – № 5. – P. 55–57.

11. Problems of analyzing the technical condition of modern drives of compressor units of main gas pipelines / P.S. Kunina [et al.] // *Construction of oil and gas wells on land and at sea.* – 2019. – № 3. – P. 56–58.

12. Velichko E.I. Improvement of diagnostic methods of field equipment, providing reduction of losses of well products, in order to improve its efficiency : Ph. D. in Technical Sciences / Kuban State Technological University. – Krasnodar, 2010

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

NEW DIRECTIONS IN DIAGNOSTICS OF MAIN OIL AND GAS PIPELINES. PROBLEMS AND SOLUTIONS

Климов Вячеслав Васильевич

кандидат технических наук,
доцент, кафедра «Нефтегазовое дело»
института нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
VVKlimov2010@gmail.com.

Арестенко Юрий Павлович

кандидат технических наук,
заместитель директора по учебной работе
института нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
art@bk.ru

Усов Сергей Васильевич

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
доцент, кафедра «Нефтегазовое дело»
института нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
baku50@gmail.ru

Лешкович Надежда Михайловна

старший преподаватель, кафедра «Нефтегазовое дело»
института нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
nleshkovich@bk.ru

Аннотация. Проблемы обеспечения надежности работы нефтегазопроводов и продуктопроводов иного назначения весьма актуальны. Особую актуальность они приобретают из-за старения труб, сопровождающегося появлением и накоплением коррозионных, стресс-коррозионных и других дефектов на их наружной и внутренней поверхностях.

В рамках данной работы рассмотрены пути повышения достоверности результатов диагностики линейной части магистральных нефтегазопроводов, новая концепция построения внутритрубных диагностических приборов, свободных от негативного воздействия дестабилизирующих факторов, действующих в реальных трассовых условиях.

Ключевые слова: надежность работы, нефтегазопроводы, продуктопроводы, старение труб, коррозионные дефекты, стресс-коррозионные дефекты, диагностика линейной части магистральных нефтегазопроводов, построение внутритрубных диагностических приборов.

Klimov Vyacheslav V.

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Oil and Gas Business Department
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
VVKlimov2010@gmail.com

Aretenko Yuriy Pavlovich

Candidate of Technical Sciences,
Deputy Director for Academic Affairs
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
art@bk.ru

Usov Sergey Vasilievich

Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher,
Associate Professor, Oil and Gas Business Department
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
baku50@gmail.ru

Leshkovich Nadezhda Mikhailovna

Senior Lecturer, Department of «Oil and Gas Business»
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
nleshkovich@bk.ru

Annotation. Problems of ensuring reliability of oil and gas pipelines and product pipelines of other purposes are very urgent. They become especially urgent due to ageing of pipes, accompanied by appearance and accumulation of corrosion, stress-corrosion and other defects on their outer and inner surfaces.

Within the framework of this work the ways to increase reliability of results of diagnostics of a linear part of trunk oil and gas pipelines, the new concept of construction of in-tube diagnostic shells, free from negative influence of destabilizing factors, acting in real route conditions, are considered.

Keywords: operational reliability, oil and gas pipelines, product pipelines, pipe aging, corrosion defects, stress-corrosion defects, diagnostics of the linear part of main oil and gas pipelines, construction of in-line diagnostic tools.

Проблемы обеспечения надежности работы нефтегазопроводов и продуктопроводов иного назначения весьма актуальны и не имеют национальных границ. Прямые убытки от ликвидации последствий аварий, прекращения подачи потребителям углеводородного сырья в течение нескольких суток, необходимых для проведения следственных мероприятий и ремонтно-восстановительных работ, оказываются весьма значимыми, а в некоторых случаях – даже катастрофическими [1]. В газовой отрасли, согласно официальных данных Газнадзора за десятилетний период наблюдений, на линейной части магистральных газопроводов ежегодно происходит порядка 40 отказов, а стоимость ущерба составляет десятки млн. долларов США [2].

Анализ отказов Единой системы газоснабжения (ЕСГ) показал [3], что в предыдущем десятилетии их основными причинами были:

- наружная коррозия – 41,2 %, в том числе стресс – коррозионное растрескивание труб (КРН) – 39,8 %;
- дефекты труб заводского оборудования и соединительных деталей – 14,7 %;
- брак строительно-монтажных работ (СМР) – 17,7 %, в том числе брак сварки – 9,8 %;
- механические повреждения – 8,8 %;
- стихийные бедствия – 4,9 %;
- внутренняя коррозия и эрозия – 2,9 %;
- нарушение ПТЭ и ТБ МГ – 1 %;
- прочие причины – 9,8 %.

По статистическим данным, стресс-коррозионные отказы распределились следующим образом [3]:

- по трубам Челябинского трубопрокатного завода (из стали 17Г1С, 17Г1С-У, 14Г2САФ) – 44 % от общего числа отказов;
- по трубам Харцызского завода (из стали 17Г1С, Х-70) – 33 %;
- по трубам Волжского завода (из стали 17Г1С) – 16 %;
- по трубам импортной поставки (из стали Х-57, Х-60 производства Италии, Швеции, Японии) – 17 %.

Особую актуальность проблемы обеспечения надежности работы трубопроводов приобретают из-за их старения, сопровождающегося появлением и накоплением коррозионных, стресс-коррозионных и других дефектов на наружной и внутренней поверхностях трубы.

Все вышеизложенное требует:

- перехода от традиционного принципа «реагировать и исправлять» к принципу «предвидеть и предотвращать»;
- систематического диагностирования и мониторинга технического состояния трубопроводных систем;
- достоверного анализа и прогноза возможных изменений их технического состояния и выявления причин, способных привести к отказам и авариям [4].

В рамках настоящей работы рассмотрим перспективные направления диагностики линейной части магистральных нефтегазопроводов на основе новой концепции построения комплексных диагностических приборов и технических решений, разработанных в последнее время.

Часть 1. Основные дефекты труб в линейной части магистральных трубопроводов

К основным дефектам труб в линейной части магистральных трубопроводов наибольшее влияние на их прочностные характеристики и долговечность оказывают скрытые дефекты металлургического производства и дефекты, образующиеся на этапах строительства и эксплуатации трубопроводов. К ним в первую очередь относятся:

- расслоения и раковины в металле труб;
- непровары сварных швов;
- коррозионные и стресс-коррозионные повреждения (продольные и поперечные трещины основного металла труб);
- вмятины, овальность и неоднородности в местах сварки стыков труб, выдающиеся внутрь трубопровода и уменьшающие его проходное сечение;
- риски и задиры на внутренней и наружной поверхности труб и др.

Следует также отметить, что поверхностные, подповерхностные и внутренние дефекты (даже в новых трубах) всегда имеют место быть, причем (в соответствии с ГОСТ Р 52079-2003 «Трубы стальные сварные для магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов. Технические условия», приложение Г, с. 27) – допустимые размеры дефектов сплошности составляют:

- по длине – ≤ 30 мм;
- по глубине – 10 % от толщины стенки трубы;
- по ширине – не более 0,4 мм.

Указанные дефекты другие макроскопические нарушения сплошности структуры металла могут располагаться в любой точке по всему периметру труб, однако наибольшее количество весьма опасных дефектов стресс – коррозии было выявлено в их нижней части с расположением на 4–5 и 7–8 часов по периметру» [5].

Таким образом, для обеспечения надежной работы трубопроводных систем (особенно на поздней стадии эксплуатации), требуется дальнейшее повышение эффектив-

ности работ по ремонту линейной части магистральных трубопроводов, что невозможно без их детального диагностического обследования с помощью дефектоскопических приборов. Отмеченное многообразие и разнородность дефектов обуславливает необходимость комплексного применения различных типов дефектоскопов, использующих контактные и бесконтактные методы получения информации с применением разных физических полей (магнитных, радиационных, ультразвуковых, электромагнитных, электромагнитно-акустических и др.) и последовательного запуска их в обследуемый участок трубопровода для предотвращения пропусков тех или иных видов дефектов [6, 7]. Поэтому оказывается необходимым проведение многократных исследований для выявления имеющихся в обследуемом трубопроводе дефектов и определения степени опасности их. (На практике, при 5–6 пропусках разных типов дефектоскопов и совместной интерпретации результатов исследований, достоверность информации о дефектах трубопроводов составляет около 60–70 % [7]).

Значительно повысить эффективность диагностических обследований (и достоверность их результатов) возможно лишь при комплексном подходе к построению дефектоскопических систем нового поколения [6], обеспечивающих обнаружение любых видов дефектов за один пропуск снаряда-дефектоскопа через обследуемый участок трубопровода.

Часть 2. Новая концепция построения комплексного дефектоскопического устройства для обследования и диагностики трубопроводов

Проведенный анализ показывает, что существующие средства внутритрубной диагностики обладают серьезными ограничениями к применению и не обеспечивают получение достоверной информации, в том числе и по причине действия различных дестабилизирующих факторов при проведении исследований.

Так, ультразвуковые дефектоскопы не работают в газовой среде и не позволяют выявлять дефекты труб из-за изъязвленности их внутренней поверхности и наличия на ней различных отложений, а магнитные – из-за магнитных неоднородностей труб и наличия посторонних ферромагнитных предметов, находящихся внутри трубопроводов. (Известны случаи, когда при очистке участка газопровода длиной 100 км было удалено около 300 кг ферромагнитных предметов (сварочных электродов и их огарков) за 25–30 проходов очистных поршней). Практика показывает, что для подготовки 100 км трассы газопровода к проведению дефектоскопии требуется около 25–30 суток, причем критерием готовности газопровода к проведению диагностических работ является наличие одного – двух ферромагнитных предметов на 10 км его длины [8].

Таким образом, несмотря на большие затраты времени и средств, можно ожидать появление 10–20 ложных откликов датчиков на несуществующие дефекты на 100 км участке длины газопровода. Последнее приводит к низкой достоверности результатов диагностики и обуславливает необходимость повторного пропуски диагностических приборов, использующих различные методы съема информации.

В промышленности нашли применение магнитные дефектоскопы для внутритрубной диагностики трубопроводов типов «ДМТ» и «ДМТП» [6], «MFL» и «TFI» (с продольным и поперечным намагничиванием труб соответственно) [9], «КОД» [10], электронные профилемеры типа «ПРТ» [6,9], ультразвуковые дефектоскопы «WM» [9,11], «CD» [9,12], электромагнитно-акустические (ЭМА) дефектоскопы ДЭМАТ2Б-24, ДМТП2Б-плюс [13], а также приборы производства иностранных фирм AMF Tuboscope [14], Pipetronics GMBH [15] и другие.

Их общим недостатком является низкая эффективность выявления дефектов, т.к. в процессе движения дефектоскопов вдоль оси трубопровода происходит их вращение вокруг продольной оси, что неминуемо приводит:

- к вращению блока датчиков дефектов и датчиков пройденного пути;

– к неповторяемости выходных сигналов датчиков дефектов и погрешности определения пройденного пути, поскольку они (датчики дефектов и датчики пройденного пути) движутся по неповторяющимся от исследования к исследованию спиральным траекториям;

– погрешности определения местоположения дефектов по длине трубопровода;

– неопределенности в определении количества дефектов, т.к. один и тот же дефект может быть зарегистрирован в разных местах по длине исследуемого трубопровода (при первом и повторных пропусках дефектоскопов) из-за погрешности определения местоположения дефектов по длине трубопровода);

– несопоставимости результатов исследований, проведенных различными типами дефектоскопов.

Следует также отметить, что указанные дефектоскопические устройства [6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15] состоят из отдельных модулей (с блоками датчиков преимущественно цилиндрической формы и элементами, контактирующими с внутренней поверхностью трубопровода), соединенных между собой шарнирными сцепками. Такая конструкция дефектоскопических устройств не обеспечивает ни свободного прохождения их в участках трубопроводов, имеющих местные сужения, задиры и острые кромки, выдающиеся на внутреннюю поверхность в местах сварных швов, ни целостности датчиков дефектов. (Известны случаи, когда при первом же пропуске дефектоскопических устройств 30–40 % датчиков вышли из строя [7]). Поэтому на практике обследование трубопроводов нередко сопровождается:

– частыми остановками дефектоскопических устройств из-за их застревания внутри трубопроводов;

– большими потерями времени, не позволяющими выполнить обследование протяженных трубопроводов за летний период;

– большими материальными и трудовыми затратами.

Все вышеизложенное в целом приводит к низкой эффективности указанных дефектоскопических устройств для диагностики трубопроводов.

Таким образом, совершенствование указанных устройств для диагностики нефтегазопроводов (и продуктопроводов иного назначения) является весьма актуальной задачей.

Все вышеизложенное свидетельствует о насущной необходимости:

– повышения проходимости диагностического устройства по трубопроводу;

– расширения функциональных возможностей и повышения их информативности;

– повышения достоверности выявления дефектов и точности определения их местоположения вдоль оси обследуемого трубопровода.

(Попутно отметим, что в России и за рубежом предпринимались попытки создания диагностических приборов и систем, обладающих повышенной проходимостью; например, за счет выполнения элементов несущего корпуса в виде эластичных сфер [16] или за счет модульной конструкции [17], включающей специальные приводные модули, соединенные шарнирными сцепками с модулями электропитания, приема и регистрации поступающей информации). Однако они не получили дальнейшего развития.

На наш взгляд, повышение проходимости (и плавности хода) диагностического устройства вдоль исследуемого трубопровода может быть обеспечено за счет выполнения элементов несущего корпуса в виде, как минимум, двух полых сфер с наружным диаметром меньше внутреннего диаметра трубопровода и соединенных упругой гибкой связью по линии, проходящей через их центры с возможностью проворота каждой из сфер относительно друг друга и относительно элементов упругой гибкой связи.

На рисунке 1 показано в упрощенном виде предлагаемое дефектоскопическое устройство для обследования и диагностики трубопроводов.

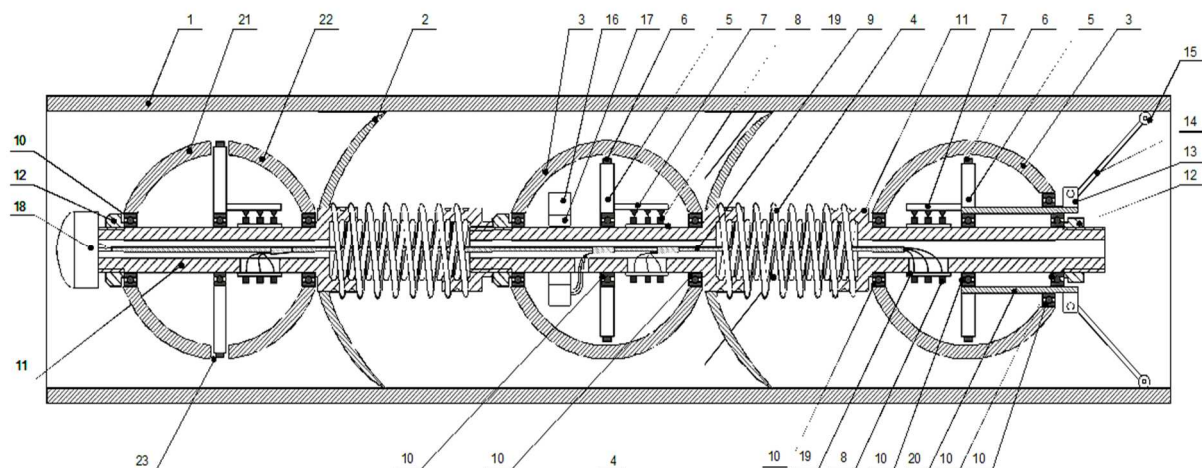


Рисунок 1 – Дефектоскопическое устройство для обследования и диагностики трубопроводов:
 1 – труба трубопровода в разрезе; 2 – эластичная манжета; 3 – сферические элементы несущего корпуса;
 4 – пружины элементов гибкой связи; 5 – неуравновешенное кольцевое основание; 6 – датчики дефектов;
 7 – щеточный узел токосъемного устройства; 8 – контактные кольца; 9 – соединительный кабель;
 10 – подшипники; 11 – полые осевые окончания элементов гибкой связи; 12 – фиксатор (гайка);
 13 – датчик проходного сечения и профиля внутренней поверхности трубопровода; 14 – рычаг датчика
 проходного сечения и профиля внутренней поверхности трубопровода; 15 – датчик пройденного пути;
 16 – электронный блок обработки информации (с микропроцессором, твердотельной памятью и др.);
 17 – блок питания; 18 – датчики визуального определения состояния внутренней поверхности
 трубопровода; 19 – изолирующая вставка контактных колец токосъемника; 20 – полая ось
 (для установки датчика проходного сечения и профиля внутренней поверхности трубопровода,
 жестко связанная с кольцевым основанием 5).

На рисунке 2 приведена конструкция элемента упругой гибкой связи, состоящей из двух полых осевых окончаний 11, между которыми установлены две пружины разного диаметра 4, вставленные одна в другую и имеющие противоположное направление витков, соединительного кабеля 9 и контактных колец 8, установленных на изолирующей вставке 19. Благодаря такому конструктивному решению, каждая из пружин 4 имеет возможность упруго деформироваться в продольном и радиальных направлениях без эффекта «закусывания» отдельных витков, что способствует лучшему прохождению дефектоскопического устройства по трубопроводу 1.

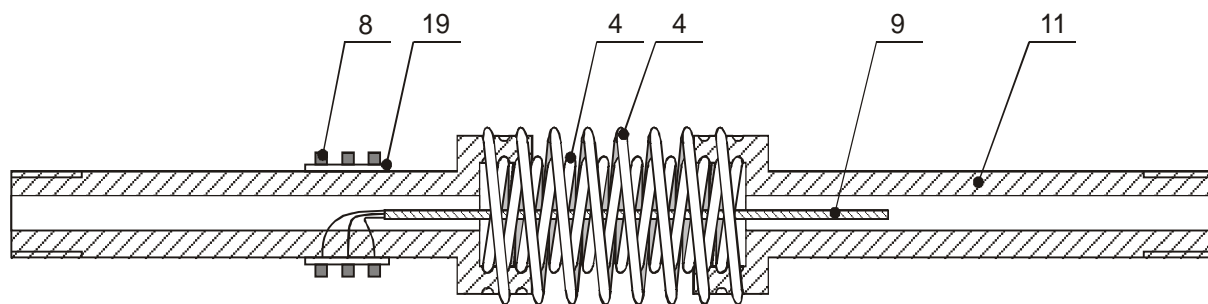


Рисунок 2 – Конструкция элемента гибкой связи

Расширение функциональных возможностей и повышение информативности устройства может быть достигнуто путем установки бесконтактных датчиков дефектов 6 на подвижном кольцевом основании 5, выполненном в виде кольца со смещенным центром тяжести, причем датчики дефектов 6 расположены на его наружной поверхности, распределены равномерно по периметру, а само подвижное основание 5 установлено с зазором внутри полых сфер в диаметральной плоскости, перпендикулярной продольной оси устройства (полые сферы защищают датчики от повреждения

и обеспечивают возможность постоянной ориентации кольца со смещенным центром тяжести относительно направления действия сил гравитации).

Повышение достоверности выявления дефектов и точности определения их местоположения вдоль оси исследуемого трубопровода обеспечивается за счет постоянной ориентации датчиков дефектов и датчика длины пройденного пути относительно направления действия сил гравитации (по одной из образующих трубопровода), что, в свою очередь, исключает их движение по неповторяющимся спиральным траекториям из-за вращения известных дефектоскопов при их движении вдоль оси трубопровода.

Предлагаемая концепция построения устройств для диагностики магистральных трубопроводов является перспективной, новой и защищена патентом России [18]. Помимо вышеуказанных преимуществ, выполнение элементов гибкой связи в виде двух пружин разного диаметра, вставленных одна в другую и имеющих противоположное направление витков, позволит обеспечить «мягкий» (подпружиненный) контакт сферических элементов несущего корпуса с внутренней поверхностью обследуемого трубопровода и исключить их жесткое взаимодействие (толчки и удары) в участках с измененной внутренней геометрией.

Для получения максимальной чувствительности к дефектам путем максимального приближения датчиков 6 к внутренней поверхности трубопровода 1, а также для устранения экранирующего влияния материала сферы, по крайней мере, одна из сфер несущего корпуса 3 разделена в диаметральной плоскости, перпендикулярной продольной оси устройства с образованием двух идентичных полусфер 21 и 22, установленных относительно друг друга с зазором 23, в котором на подвижном кольцевом основании 5 размещены датчики дефектов 6 с бесконтактным способом съема информации (см. рис. 3).

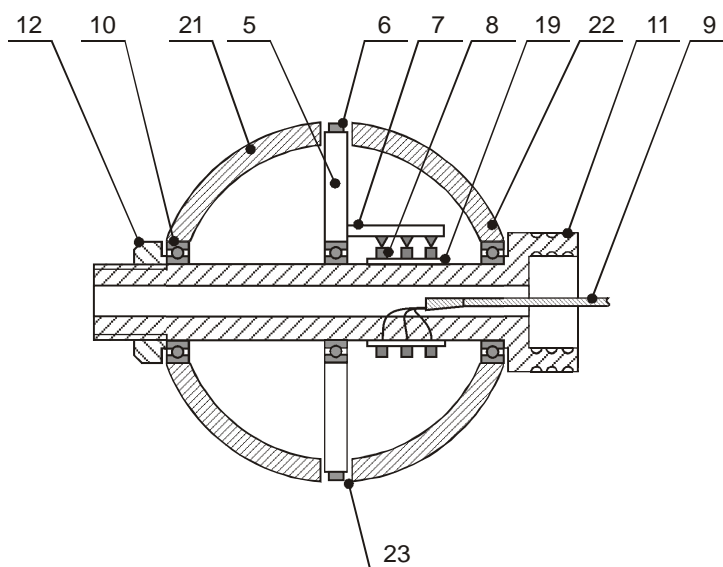


Рисунок 3 – Конструкция элемента несущего корпуса

Дефектоскопическое устройство работает следующим образом.

При помещении его внутрь обследуемого трубопровода 1 и нагнетании потока прокачиваемого флюида, эластичные манжеты 2, установленные на полых осевых окончаниях 11 за 21, 22 и 3 элементами несущего корпуса прижимаются давлением флюида к внутренней поверхности трубопровода 1 и создают проталкивающее усилие. Дефектоскопическое устройство начинает двигаться вдоль оси трубопровода 1. При этом все его датчики дефектов 6, датчики проходного сечения и профиля внутренней поверхности трубопровода 13 и датчик пройденного пути 15, будут сохранять

свою первоначальную ориентацию по периметру обследуемого трубопровода (даже в случае вращения устройства при его движении вдоль трубопровода 1) за счет постоянной ориентации подвижных кольцевых оснований 5 относительно направления действия сил гравитации. Таким образом, обеспечивается повышение достоверности выявления дефектов и точности определения их местоположения вдоль оси исследуемого трубопровода. Сигналы от датчиков 6, 13 и 15 через щеточный узел токосъемника 7, контактные кольца 8, установленные на изолирующей вставке 19, передаются по соединительному кабелю 9 в электронный блок обработки информации и регистрации 16, запитанный от блока электропитания 17. Сигналы от датчиков визуального определения состояния внутренней поверхности трубопровода 18, установленного на полом осевом окончании элемента гибкой связи 11 перед фиксатором 12 и полусферой 21 несущего корпуса по ходу движения устройства, передаются по соединительному кабелю 9 в электронный блок для обработки информации и регистрации в твердотельной памяти 16.

Таким образом, впервые реализован системный и комплексный подход к диагностике трубопроводных систем, – предложена новая концепция построения комплексного внутритрубного дефектоскопа для повышения достоверности информации о наличии дефектов в трубопроводах с использованием средств визуального наблюдения (телекамеры), локатора сварных швов, электромагнитных датчиков дефектов и датчика пройденного пути, постоянно ориентирующихся в пространстве относительно направления действия сил гравитации независимо от вращения корпуса дефектоскопа.

Использование комплексного внутритрубного дефектоскопа позволит повысить достоверность получаемой информации от датчиков дефектов, получить большой объем информации о техническом состоянии внутренней поверхности газопроводов, снизить время простоя газопроводов, а также трудозатраты и материальные потери.

Выводы

1. Намечены перспективные направления повышения достоверности результатов диагностики технического состояния магистральных нефтегазопроводов.

2. Предложена новая концепция построения комплексных внутритрубных дефектоскопов, свободных от негативного воздействия дестабилизирующих факторов, действующих в реальных трассовых условиях.

Литература:

1. Седых А.Д. Анализ рисков при проектировании продуктопроводных систем повышенной опасности // Газовая промышленность. – 2000. – № 11. – С. 53–56.

2. Зарицкий С.П., Якубович В.А. Об эффективности НИОКР по разработке и внедрению «Единой системы диагностического обслуживания оборудования объектов ОАО «Газпром» // Диагностика оборудования и трубопроводов. Научно-технических сборник № 1. – М., 2004. – С. 3–22.

3. Подмарков В.Ю., Марочкин С.И. Анализ отказов Единой системы газоснабжения за 1999–2001 гг. // Газовая промышленность. – 2002. – № 11. – С. 38–39.

4. Аксютин О.Е. Современное состояние газотранспортной системы России // Газовая промышленность. – 2010. – № 10. – С. 8–11.

5. Любыньский Е.А. Неразрушающий контроль в трубном производстве. – М. : Машиностроение, 1971. – 60 с.

6. Дедешко В.Н., Салюков В.В. Развитие системы диагностического обслуживания МГ // Газовая промышленность. – 2005. – № 8. – С. 15–18.

7. Новые подходы к планированию ремонта и диагностики магистральных трубопроводов // Газовая промышленность. Обзорная информация. Серия: Транспорт и хранение газа. – ООО ИРЦ «Газпром», 1999. – С. 42–58; 2005. – № 8. – С. 15–18.

8. Магнитные системы очистных поршней трубопроводов / А.А. Лухвич [и др.] // Газовая промышленность. – 2005. – № 1. – С. 57–61.
9. Дьячков В.Г. Опыт эксплуатации комбинированных магнитных стресс-коррозионных дефектоскопов сверхвысокого разрешения с регулятором скорости // Шестнадцатая Международная деловая встреча «Диагностика – 2006», (Сочи, 17–21 апреля 2006 г.): В 2 т. – Т. 1. – М. : ООО «ИРЦ Газпром», 2006. – 408 с.; Магнитный дефектоскоп «MFL». Проспект ОАО ЦТД «Диаскан».
10. Дефектоскоп КОД – 4М – 1420. Проспект ЦКДТ.
11. Ультразвуковой дефектоскоп WM. Проспект ОАО ЦТД «Диаскан».
12. Ультразвуковой дефектоскоп CD. Проспект ОАО ЦТД «Диаскан».
13. Канайкин В.А., Чабуркин В.Ф., Пахомов В.П. Опыт и перспективы мониторинга технического состояния МГ на основе внутритрубной диагностики // Газовая промышленность. – 2006. – № 10. – С. 18–21.
14. Модернизация коррозионного снаряда для диагностики магистральных газопроводов / А.Д. Голод [и др.] // Газовая промышленность. – 1997. – № 11. – С. 21–22.
15. Лисин В.Н., Спиридович Е.А., Пужайло А.Ф. Оптимизация методов выявления стресс-коррозии на магистральных газопроводах // Газовая промышленность. – 2004. – № 10. – С. 58–59.
16. Бобровский С.А., Шварц М.Э. Контроль за изменением температуры в потоке жидкости // Нефтяное хозяйство. – 1973. – № 1. – С. 60–61.
17. Роботизированная система контроля газопроводов. Gas main robotic inspection system: Патент № 6917176, США. МПК⁷ В25 J 9/18. Оpubл. 12.07.2005; НПК 318/568.11. Англ.
18. Устройство для обследования и диагностики трубопроводов. Патент RU 2 379 674 C1, Опубликовано: 20.01. 2010, Бюл. изобр. № 2.

Literature:

1. Sedykh A.D. Risk Analysis in Designing of High Hazard Product Pipeline Systems // Gas Industry. – 2000. – № 11. – P. 53–56.
2. Zaritskiy S.P., Yakubovich V.A. On the effectiveness of R&D on the development and introduction of the «Unified system of diagnostic maintenance of the equipment of the objects of OJSC «Gazprom»» // Diagnostics of equipment and pipelines. Collection of scientific and technical papers № 1. – М., 2004. – P. 3–22.
3. Podmarkov V.Y., Marochkin S.I. Analysis of failures of the Unified Gas Supply System in 1999–2001 // Gas Industry. – 2002. – № 11. – P. 38–39.
4. Aksyutin O.E. Modern state of the gas transport system of Russia // Gas Industry. – 2010. – № 10. – P. 8–11.
5. Lubynsky E.A. Nondestructive Control in Pipe Production. – М. : Mashinostroenie, 1971. – 60 p.
6. Dedeshko V.N., Salyukov V.V. Development of a system of diagnostics of gas mains // Gas industry. – 2005. – № 8. – P. 15–18.
7. New Approaches to the Planning of Main Pipeline Repair and Diagnostics // Gas Industry. Review information. Series: Gas transport and storage. – ООО IRC GAZPROM, 1999. – P. 42–58; 2005. – № 8. – P. 15–18.
8. Magnetic systems of pipeline cleaning pistons / A.A. Lukhovich [et al.] // Gas Industry. – 2005. – № 1. – P. 57–61.
9. Diachkov V.G. Experience in operation of combined magnetic stress-corrosion flaw detectors of ultra-high resolution with speed regulator // Sixteenth International Business Meeting «Diagnostics – 2006», (Sochi, 17–21 April 2006): in 2 vol. – V. 1. – М. : ООО «IRC Gazprom», 2006. – 408 p.; Magnetic Flaw Detector «MFL». Prospectus of JSC CTD «Dyaskan».

10. Defectoscope KOD – 4M – 1420. Prospect of DTCT.
11. Ultrasonic flaw detector WM. JSC CTD «Dyaskan» prospectus.
12. CD ultrasonic flaw detector. JSC CTD «Dyaskan» prospectus.
13. Kanaikin V.A., Chaburkin V.F., Pakhomov V.P. Experience and Prospects of the Technical Condition Monitoring of MGH on the Basis of In-line Diagnostics // Gas Industry. – 2006. – № 10. – P. 18–21.
14. Modernization of a corrosion tool for diagnostics of the main gas-pipelines / A.D. Golod [and other] // Gas Industry. – 1997. – № 11. – P. 21–22.
15. Lisin V.N., Spiridovich E.A., Puzhaylo A.F. Optimization of methods of stress-corrosion detection at main gas-pipelines // Gas industry. – 2004. – № 10. – P. 58–59.
16. Bobrovsky S.A., Schwarz M.E. Control of temperature changes in the liquid stream // Oil Industry. – 1973. – № 1. – P. 60–61.
17. Robotized system for inspection of gas pipelines. Gas main robotic inspection system: Patent No. 6917176, USA. U.S. PATENT NO. 6917176. MPPC7 C25 J 9/18. Publ. 12.07.2005; PEK 318/568.11. English.
18. Device for inspection and diagnostics of the pipelines. Patent RU 2 379 674 C1, Published: 20.01.2010, Inventions bulletin no. 2.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОДНОВРЕМЕННО- РАЗДЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR SIMULTANEOUS-SEPARATE WELL OPERATION

Кононов Евгений Сергеевич

студент направления подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
evgenyi.kononov@mail.ru

Столбов Владимир Николаевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
VOVALDEY@yandex.ru

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Трусков Иван Сергеевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
graf-kol12345@mail.ru

Ханджян Левон Андреевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
levon-realmd@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрено совершенствование установки системы од-
новременного-раздельной закачки и добычи, а также описан переход к интеллектуальной
скважине, оборудованной установками одновременно-раздельной эксплуатации.....

Ключевые слова: ОРЗ, ОРЭ, ОРД интеллектуальная скважина, добыча, пласт, уста-
новка, одновременно-раздельная.

Kononov Evgeny Sergeevich

Student training direction 21.04.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
evgenyi.kononov@mail.ru

Stolbov Vladimir Nikolaevich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
VOVALDEY@yandex.ru

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Truskov Ivan Sergeevich

Student training direction 21.03.01 « Oil and gas business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
graf-kol12345@mail.ru

Khanjyan Levon Andreevich

Student training direction 21.03.01 « Oil and gas business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
levon-realmd@mail.ru

Annotation. This article discusses the improvement of the installation of the system of simultaneous-separate injection and production, and also describes the transition to an intelligent well equipped with installations of dual-dual operation.

Keywords: ORZ, ORE, ORD intelligent well, production, formation, installation, simultaneously-separate.

Совершенствование систем ОРЗ заключается в переходе к интеллектуальной скважине, позволяющей регулировать параметры работы пластов в режиме реального времени и обеспечивать дифференцированное воздействие на отдельный интервал или участок нефтяной залежи. Достичь поставленной цели можно за счет создания тандема существующей технологии ОРЗ, использования датчиков контроля забойных параметров (давления p и температуры T), а также разработки программного обеспечения для расчета расхода жидкости по имеющимся данным перепада давлений.

К элементам совершенствования конструкции компоновки ОРЗ относятся (рис. 1) следующие:

- изменение конструкции забойного штуцера, позволяющее уменьшить гидравлическое сопротивление с целью увеличения его пропускной способности;
- определение расхода жидкости, основанное на принципе учета жидкости по перепаду давлений, и, как следствие, создание программного продукта для расчета расхода жидкости для закачки в пласт;
- использование системы геофизических датчиков (p , T) внутри трубки и затрубном пространстве компоновки ОРЗ с передачей информации на поверхность по кабельной линии.

Параллельный спуск колонн позволил реализовать схему **ОРЗ и добычи (ОРЗид)**. Из верхнего пласта штанговым насосом добывается нефть, а в нижний – закачивается вода для ППД (рис. 2). Обычно такая конструкция внедряется на уже действующих нагнетательных скважинах, вскрывается еще один пласт, и из него ведется добыча. Схема ОРЗид обеспечивает получение практически всей информации по пластам: забойное давление, дебит, обводненность и приемистость пласта, в который ведется закачка.

Достаточно новым и очень востребованным направлением ОРЭ становится установка этих систем в боковые отводы или в горизонтальные скважины (рис. 3). В горизонтальные скважины и боковые стволы не всегда удается спустить обсадную колонну. Поскольку в отсутствие обсадной колонны велик риск прорыва газа и воды, необходимо предусматривать какие-то механизмы защиты от этого фактора. С этой целью было разработано оборудование, которое можно спускать, например, в боковой ствол и параллельно изолировать продуктивные интервалы от интервалов возможного водо- или газопроявления (рисунок 4).

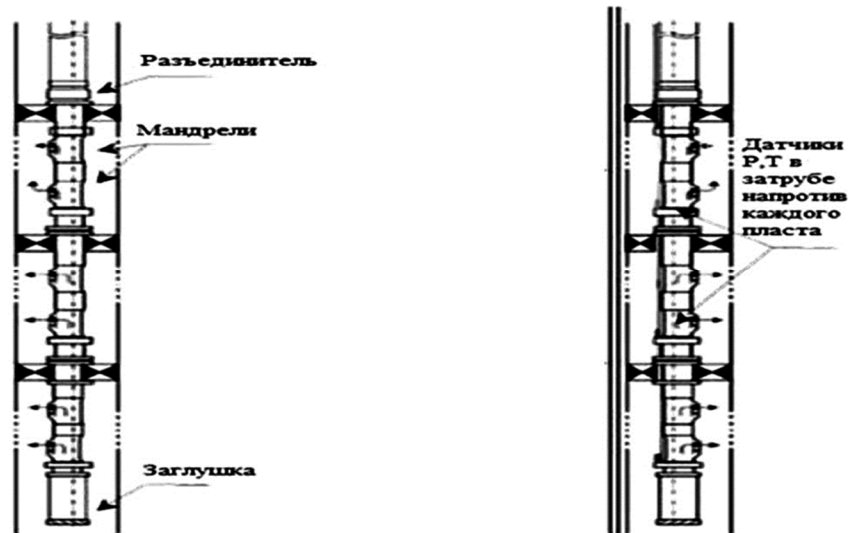


Рисунок 1 – Применяемая (слева) и совершенствованная (справа) технология одновременно-раздельной закачки

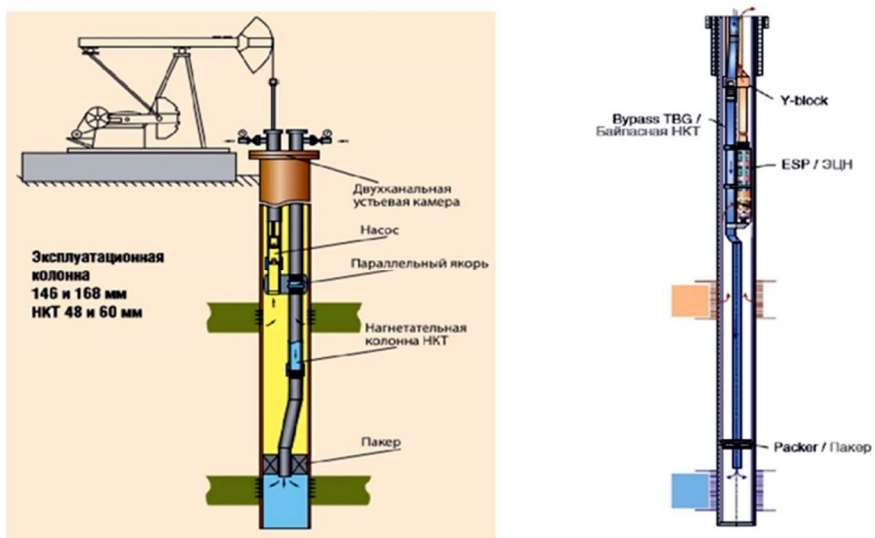


Рисунок 2 – Схема одновременно-раздельной закачки и добычи

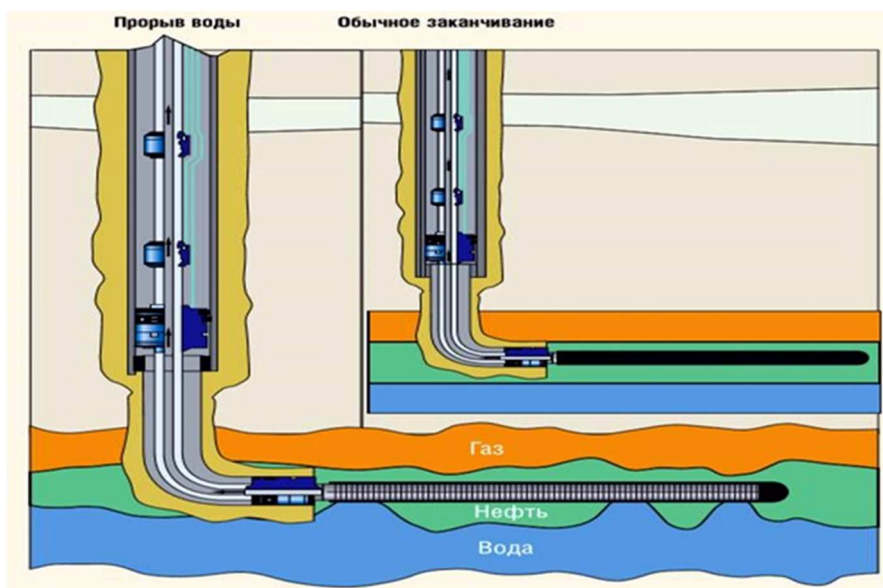


Рисунок 3 – Одновременно-раздельная добыча для горизонтальных скважин и боковых стволов

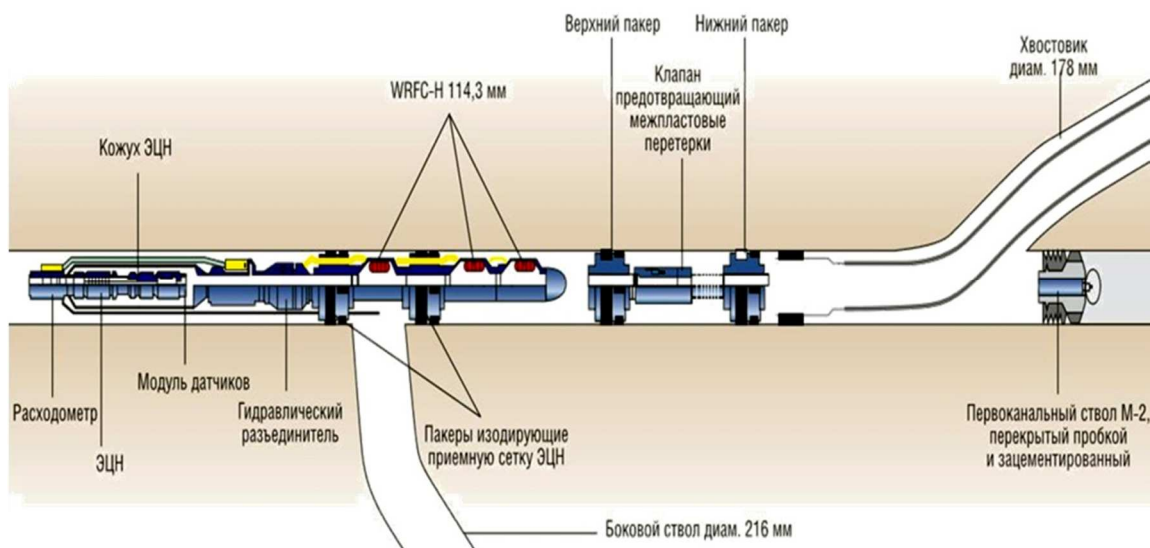


Рисунок 4 – Скважинная компоновка для одновременно-раздельной эксплуатации с изоляцией интервалов

Одна из основных проблем ОРЭ или ОРЗ – получение достоверной информации о дебитах, давлении, составе пластовой жидкости и газа разных пластов, вскрытых одной скважиной.

В основном новые разработки усовершенствования технологий ОРЭ сводятся к систематизации регулирования и контроля разработки многопластовых месторождений с использованием систем ОРД или ОРЗ.

Конечная цель разработок заключается в переходе к интеллектуальной скважине, позволяющей регулировать параметры работы пластов в режиме реального времени и обеспечивать дифференцированное воздействие на отдельный интервал или участок нефтяной залежи. В данном случае речь идет об «интеллектуальных» скважинах.

«Интеллектуальная» скважина, как правило, включает в себя систему подземных датчиков и регулирующих клапанов, которые позволяют принять меры для оптимизации добычи или закачки.

Применение компьютерных систем и станций управления, позволяющих менять рабочие характеристики добывающего оборудования, определяют задачи «интеллектуальных» систем: сбор, анализ и хранение информации о работе систем; управление системами в целях получения максимального количества нефти (увеличение МРП, снижения энергопотребления и т.д.).

Дополнительное оборудование, делающее скважину «интеллектуальной», может обеспечивать замеры, обработку и хранение всей информации по добывающим, а также по нагнетательным скважинам (то есть расход, давление, работу тех или других устройств системы нагнетания жидкости). Собирая всю эту информацию, обрабатывая ее, оператор и интеллектуальная система получают возможность регулировать все параметры работы скважинного насосного оборудования в скважинах, эксплуатирующих как один пласт, так и много пластов, в непрерывном или периодическом режиме.

Для определения параметров работы объектов под пакером в установках с электропогружными насосами используется телеметрическая система. Для раздельного подъема продукции используются полые штанги. При применении штанговых установок ОРЭ для определения забойных давлений разработаны глубинно-измерительные комплексы типа «Фотон», «Крот», «КАМТ».

Таким образом, системы ОРЭ предназначены для одновременной эксплуатации двух отдельных объектов разработки через один ствол скважины. Это позволяет операторам регулировать добычу и производить замеры дебита каждого пласта.

Литература:

1. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для студентов вузов / А.И. Булатов [и др.]. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
2. Булатов А.И., Качмар Ю.Д., Савенок О.В., Яремійчук Р.С. Освоєння нафтових і газових свердловин. Наука і практика: монографія. – Львів : Сполом, 2018. – 476 с.
3. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
4. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.
5. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.
6. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.
7. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутрипромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.
8. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.
9. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.
10. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.
11. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.
12. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.
13. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.
14. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-

практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

15. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

16. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

17. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

18. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

19. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

20. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

Literature:

1. Ecology in the construction of oil and gas wells: a textbook for university students / A.I. Bulatov [et al.]. – Krasnodar : LLC «Prosveshchenie-Yug», 2011. – 603 p.

2. Bulatov A.I., Kachmar J.D., Savenok O.V., Yaremichuk R.S. Development of oil and gas fields. Science and Practice : Monograph. – Lviv : Spolom, 2018. – 476 p.

3. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and development prospects of Lebedinsky gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.

4. Shiyani S.I., Skiba A.S. Technology of reservoir pressure maintenance system regulation at Abino-Ukrainian field // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 279–288.

5. Shiyani S.I., Muntian V.S. Prospects for the development of the North-Tarasovskoye oil field with the use of energy- and resource-saving technologies // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 289–299.

6. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of downhole equipment used / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.

7. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products at Nekrasovskoye gas-condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.

8. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoye field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and

Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.

9. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunaev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.

10. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding – as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Science. New Generation. Success : Materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.

11. Application of magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of dual-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.

12. The solution of the problem of the negative effect of mechanical impurities in the ESP installations on the example of the Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.

13. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.

14. Improving the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.

15. Methods to increase oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of a field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : Materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.

16. Development of hydro-jet method of oil extracting / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.

17. Analysis of the causes of hydrate formation during well operation in gas fields / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.

18. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells in a gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.

19. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields on the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : Materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.

20. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskie readings : Materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.

СОВРЕМЕННЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН

MODERN EXPERIENCE IN THE APPLICATION OF PERIODIC WELL OPERATION

Корсак Максим Витальевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
nstmax@bk.ru

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Суховерова Полина Александровна

студентка направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
polina.suxoverova.00@bk.ru

Бездудный Иван Ефимович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
Bezudnyu@yandex.ru

Гузеева Есения Владимировна

студентка направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
guzeeva.esenia@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные моменты применения периодической эксплуатации скважин в наше время. А также возникающие при эксплуатации различных скважин проблемы и их устранение с помощью применения методики кратковременной-периодической эксплуатации скважин (КПЭС).

Ключевые слова: периодическая эксплуатация, способ КПЭС, многопластовое строение скважины, разработка месторождений, малодебитные скважины.

Korsak Maxim Vitalievich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
nstmax@bk.ru

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Sukhoverova Polina Alexandrovna

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
polina.suxoverova.00@bk.ru

Bezudniy Ivan Efimovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
Bezudniy@yandex.ru

Guzeeva Esenia Vladimirovna

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
guzeeva.esenia@mail.ru

Annotation. This article discusses the main points of the application of periodic well operation in our time. As well as problems that arise during the operation of various wells and their elimination by using the short-term periodic well operation method (STPWO)

Keywords: periodic operation, STPWO method, multi-layer structure of the well, field development, low-yield wells.

Способ КПЭС получил широкое распространение в нашей стране, так как начиная с августа 2011 г., режим кратковременной – периодической эксплуатации внедрялся на 17 скважинах НГДУ «Нурлатнефть». В 2011 г. режим КПЭС внедрен на 3 скважинах: № 276 Осташковичского, № 142 Южно – Сосновского и № 70 Южно-Тишковского месторождений. В 2012 г. на технологию КПЭС переведены 14 скважин: № 76, 237 Осташковичского, № 133s3 Южно-Осташковичского, № 56, 136, 9089s2 Мармовичского, № 68к1, 69, 84 Давыдовского, № 20, 45 Судовицкого, № 151 Южно-Сосновского, № 94, 96п Славянского месторождений.

На 1 января 2013 г. в НГДУ «Нурлатнефть» в этом режиме периодической эксплуатации кратковременно эксплуатируются 13 скважин, но ушли из расчета другие 4: № 142 Южно-Сосновского месторождения – рост обводненности, снижение месячной добычи нефти; № 68к1 Давыдовского месторождения – перевод в постоянный режим эксплуатации; скважина № 45 Судовицкого месторождения, № 70 Южно-Тишковского месторождения – перевод в ППД.

В 2013 из режима кратковременной периодической эксплуатации выбыла скважина № 133 Южно-Осташковичского месторождения – КРС. Средние значения КВЧ, наблюдавшиеся при опытно-промысловых работах в Самарской области, составляли 100–300 мг/л при среднем дебите скважин 50 м³/сут., что соответствует выносу песка от 1 до 3 м³/год на скважину. При таких величинах КВЧ, КПЭС позволяет получить весьма значительные значения МРП. На скважине № 296, Тананыкского месторождения ОАО «Оренбургнефть», КВЧ имел значения 400–600 мг/л. Скважина имела средний МРП 45 суток. Кроме того, был увеличен дебит скважины и сокращен удельный расход электроэнергии. Исходя из примера этой скважины было показано еще одно достоинство КПЭС: возможность успешно избавляться и совершать борьбу практически со всеми факторами, что осложняют работу скважин, более того присутствует возможность бороться одновременно с несколькими из них. Причём не пришлось бы тратить дополнительные денежные средства, т.е. увеличения стоимости добычи нефти, что наблюдается везде в разных участках добычи нефти. В Самарской области при проведении ОНР средний дебит скважин имел значение около 50 м³/сут., что соответствует

диапазону дебитов для КПЭС. При ОПР на скважине № 28543 НГДУ «Азнакаевскнефть» ОАО. Дебит скважины по жидкости был увеличен до 270 м³/сут., т.е. был реализован потенциал скважины. Обводнённость продукции за счёт использования отсекающего забоя была снижена на 5 %. Дебит скважины по нефти был увеличен в 13,4 раза. Сейчас за месяц из скважины добывается больше нефти, чем ранее добывалось за год. Полученные результаты показали следствие применения методики подбора оборудования и выбора режима КПЭС.

Приведённая выше информация дает нам понять, что результаты, полученных на месторождениях вязкой нефти в Самарской области, при использовании кратковременной – периодической эксплуатации скважин позволяет снизить денежные затраты на вязкую нефть и сделать её экономически выгодной к покупке. Данный вывод справедлив не только для ОАО «Самаранефтегаз», но и для ОАО «Ульяновскнефть», ОАО «Оренбургнефть», а также для ОАО «Татнефть» и малых нефтяных компаний (МНК) Татарстана, что разрабатывают месторождения в схожих горно – геологических условиях. Например, Южно-Приобское месторождение нефти и газа характеризуется большим количеством осложнений, среди которых выделяются: большая глубина залегания продуктивного пласта, многопластовое строение залежи со сложным геологическим профилем, низкая проницаемость коллектора и его неоднородность, слабое влияние системы ППД, вынос примесей и слабый приток жидкости. Добыча в подобных условиях снижает эксплуатационную надежность и экономическую эффективность работы, что вынуждает нас испытывать потребность в поисках альтернативных путей.

Шингинское месторождение

В период 2010–2012 годов, наряду с интенсивным ростом действующего фонда Шингинского месторождения, наблюдается массовый рост малодебитного фонда. В этот период для подъема жидкости в основном используется УЭЦН с номинальной производительностью 35 кубических метров. Причина роста малодебитного фонда – резкое снижение дебита жидкости по новым скважинам. В данный период наметилась тенденция к вводу в эксплуатацию малодебитных скважин уже на стадии освоения. Спуск УЭЦН-35-2000 на новые скважины после гидроразрывов пласта в соответствии с ожидаемыми параметрами дебита 30–40 кубических метра в сутки имел свои негативные последствия, такие, как: рост отказов погружного оборудования из-за солей, засорением шламом. Применение методики вывода на режим с пониженной частотой, установка уловителя шлама, обеспечения защиты погружного оборудования установками дозирующими ингибиторами, периодические промывки и кислотные обработки особо не помогали ситуации.

Для выхода из сложившейся ситуации рассматривались следующие варианты:

1. Необходимость создания глубоких депрессий, вынуждает спускать погружное оборудование на глубину ниже 2500 м, что делало невозможным применение российских установок УШГН

2. Применение винтовых насосов так же как и УШГН очень ограничено. Как по глубине спуска, так и за отсутствие надежных отечественных эластомеров.

3. Закупка и переход на аналоги малопроизводительных УЭЦН других производителей не дала бы желаемого результат из-за схожести конструкций УЭЦН подобного вида всех производителей, а значит и схожести проблем при эксплуатации малодебитного фонда.

Ни один из перечисленных способов по разным причинам не мог решить проблему подъема жидкости. К концу 2011 года на месторождении уже практиковалась методика кратковременной – периодической эксплуатации скважин. Она применялась на тех скважинах, где приточные характеристики не обеспечивали надежную работу погружного оборудования. Данный режим позволял производить откачку жидкости из скважины в оптимальном рабочем диапазоне УЭЦН, снижая риск отказа погружного

оборудования. При этом последующие продолжительные периоды накопления вызывали еще и добавочное снижение продуктивности. В целях повышения эффективности и поддержания максимальной депрессии на пласт для увеличения продуктивности и для снижения риска замерзания выкидной линии, некоторые скважины стали переводить в режим с периодом накопления. Начиная с февраля 2011 года, на Шингинском месторождении началась фаза активного внедрения методики кратковременной – периодической эксплуатации. Проведенные в первом квартале 2011 года мероприятия показали положительные результаты работы метода и вскоре сформировалось три направления по применению методики КПЭС:

1. Перевод без остановки скважины в ремонт на существующем оборудовании.
2. Перевод в КПЭС при проведении КРС.
3. Ввод новых скважин с потенциалом менее 30м³/сут. изначально в режиме КПЭС.

В результате можно сделать вывод, что Шингинское месторождение на данный момент является передовым в плане применения методики КПЭС. Наличие особенных условий инфраструктуры, свойства флюида, применяемое оборудование создали условия для последующих исследований режима периодической эксплуатации скважин и совершенствовании данной методики в будущем.

Литература:

1. Батыров М.И., Березовский Д.А., Савенок О.В. Разработка метода прогнозирования состояния пород-коллекторов газовых месторождений на завершающей стадии на основе методов междисциплинарного моделирования // Сборник научных трудов I Всероссийской молодёжной научно-технической конференции нефтегазовой отрасли «Молодая нефть». Секция «Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений» (17–19 мая 2014 года, г. Красноярск). – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2014. – URL : <http://conf.sfu-kras.ru/sites/oil2014/PDF/1/12.pdf>

2. Батыров М.И., Березовский Д.А., Савенок О.В. Разработка технологических решений на завершающей стадии эксплуатации газовых месторождений Краснодарского края // Сборник тезисов 68-ой Международной молодёжной научной конференции «Нефть и газ – 2014» (14–16 апреля 2014 года, г. Москва). Секция 2 Разработка нефтяных и газовых месторождений. Бурение скважин. – М. : РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2014. – С. 20.

3. Березовский Д.А., Лаврентьев А.В., Савенок О.В. Предпосылки и задачи моделирования горных пород с точки зрения установления условий наступления факторов осложнения добычи // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 2. – С. 27–33.

4. Березовский Д.А., Савенок О.В. Анализ осложнений при эксплуатации газовых месторождений на завершающей стадии и разработка метода прогнозирования состояния пород-коллекторов на основе методов междисциплинарного моделирования // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 1. – С. 26–34.

5. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.

6. Сухин А.А., Шиян С.И. Анализ методов борьбы с гидратами на Астраханском газоконденсатном месторождении // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 383–392.

7. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.

8. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутрипромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы

Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.

9. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.

10. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

11. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

12. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

13. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.

14. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

15. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

16. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

17. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

18. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

19. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

20. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

21. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

22. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

Literature:

1. Batyrov M.I., Berezovsky D.A., Savenok O.V. Development of a method for predicting the state of reservoir rocks of gas fields at the final stage based on methods of interdisciplinary modeling // Collection of scientific papers of the I All-Russian Youth Scientific and Technical Conference of Oil and Gas Industry «Young Oil». Section «Geology, geophysics and development of oil and gas fields» (May 17–19, 2014, Krasnoyarsk). – Krasnoyarsk : Siberian Federal University, 2014. – URL : <http://conf.sfu-kras.ru/sites/oil2014/PDF/1/12.pdf>

2. Batyrov M.I., Berezovsky D.A., Savenok O.V. Development of technological solutions at the final stage of exploitation of gas fields in Krasnodar region // Abstracts of the 68th International Youth Scientific Conference «Oil and Gas – 2014». (April 14–16, 2014, Moscow). Section 2 Development of oil and gas fields. Drilling of wells. – М. : Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2014. – P. 20.

3. Berezovskiy D.A., Lavrent'ev A.V., Savenok O.V. Prerequisites and tasks of rock modeling in terms of establishing the conditions for the onset of production complication factors // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskii Vestnik). – 2014. – № 2. – P. 27–33.

4. Berezovskiy D.A., Savenok O.V. Analysis of complications during the operation of gas fields at the final stage and the development of a method for predicting the state of reservoir rocks on the basis of interdisciplinary modeling methods // Nauka. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2014. – № 1. – P. 26–34.

5. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and prospects for the development of Lebedinsky gas field // Bulatov Readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.

6. Sukhin A.A., Shiyani S.I. Analysis of methods of hydrates control at Astrakhanskoye gas condensate field // Bulatov's readings. – 2020. – V. 2. – P. 383–392.

7. Shiyani S.I., Skiba A.S. Technology of reservoir pressure maintenance system regulation in the Abino-Ukrainian field // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskii Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 279–288.

8. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products at Nekrasovskoye gas-condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Краснодар : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.

9. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoye field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Краснодар : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.

10. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Краснодар : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.

11. Improving the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Краснодар : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.

12. Methods of oil recovery enhancement and limiting factors of application of these methods by the example of the field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nau-

ka. New generation. Success : Materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.

13. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of the used downhole equipment / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.

14. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.

15. Kovalenko D.R., Shiyani S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : Materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.

16. Application of magnetic-pulse defectoscopy for control over the state of dual-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.

17. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells at gas field / S.I. Shiyani [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.

18. Shiyani S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : Materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.

19. Shiyani S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskie readings : Materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.

20. The solution of the problem of the negative impact of mechanical impurities in the ESP installations on the example of Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.

21. Development of hydro-jet method of oil recovery / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.

22. Analysis of the causes of hydrate formation during well operation in gas fields / S.I. Shiyani [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

CURRENT STATE OF DISPOSAL PROBLEMS OIL-CONTAINING WASTE

Косова Дарья Анатольевна

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики
Кубанский государственный технологический университет
darakosova48@mail.ru

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Шаблий Илья Игоревич

ведущий специалист,
ООО «РН – Морской терминал Туапсе»
ilyashabliy0209@gmail.com

Аннотация. В Краснодарском крае, как и в других регионах страны, до настоящего времени нет эффективно действующей системы предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с аварийными разливами нефти и нефтепродуктов, также нет системы сбора, переработки и утилизации и реабилитации нефтесодержащих отходов, которая отвечала бы современным стандартам и требованиям охраны окружающей среды. Эта проблема требует незамедлительного решения, так как накопление нефтесодержащих отходов влияет не только на экологическое состояние природной среды, но и на санитарное благополучие жителей края.

Решение проблемы очистки почвенного покрова от загрязнений нефтью, разработка новых и совершенствование существующих малоотходных и ресурсосберегающих технологий, основанных на интенсификации процессов самоочищения нефтезагрязнённых грунтов, относится к числу приоритетных и в Краснодарском крае.

Ключевые слова: экология, современное состояние, нефтесодержащие отходы, проблемы утилизации, пути решения.

Kosova Daria Anatolyevna

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
darakosova48@mail.ru

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Shabliy Ilya Igorevich

Leading Specialist,
«Rosneft – Morskoy terminal Tuapse» LLC
ilyashabliy0209@gmail.com

Annotation. In the Krasnodar Territory, as in other regions of the country, until now there is no effectively operating system for the prevention and elimination of the consequences of emergencies associated with emergency spills of oil and oil products, there is also no collection, processing and disposal system rehabilitation of oily waste, which would meet modern standards and environmental protection requirements. This problem requires an immediate solution, since the accumulation of oily waste affects not only the ecological state of the natural environment, but also the sanitary well-being of the inhabitants of the region.

Solving the problem of cleaning the soil from oil pollution, developing new and improving existing low-waste and resource-saving technologies based on the intensification of self-cleaning processes of oil-contaminated soils are among the priorities in the Krasnodar Territory.

Keywords: ecology, current state, oily waste, disposal problems, solutions.

Способы утилизации и переработки нефтешламов

Механическая очистка нефтезагрязнённых почв

Механическое разделение

Основные классы загрязняющих веществ – полунлетучие органические вещества, топливо, радионуклиды.

Процесс механического разделения сокращает объём загрязнённого материала за счёт селективно удалённой порции, содержащей загрязняющие вещества.

Преимущества данного метода позволяют значительно уменьшить объём загрязнённой почвы. Метод недостаточно хорошо работает в случае гомогенного распределения загрязняющих веществ.

Экспкавация и последующий вывоз загрязнения

Основными загрязняющими веществами являются все органические соединения. Загрязнённую почву экскавируют и помещают в специальные удобренные резервуары. В некоторых случаях необходима дополнительная обработка, предшествующая её транспортировке и захоронению.

Недостатками экскавации являются:

- стоимость работ может быть весьма высока;
- не происходит естественного восстановления почвенного слоя. В связи с этим почву после восстановления необходимо помещать в исходное место экскавации;
- возможно общественное неодобрение по поводу транспортировки (захоронения) загрязнённой почвы вблизи населённых районов.

Очистка загрязнённых почв вентинговым методом

Основными загрязняющими веществами являются летучие и некоторые частично летучие органические вещества.

Преимуществом метода является высокая эффективность и высокая скорость, а также универсальность для всех видов летучих и частично летучих органических веществ.

Недостатком является малая эффективность в мелкозернистых и очень влажных почвах, а также зависимость от температуры окружающей среды.

Химическая очистка углеводородов нефти

Сжигание нефтесодержащих отходов

Основными загрязняющими веществами являются нефтесодержащие отходы, гудроны.

Преимущества сжигания нефтесодержащих отходов являются то, что за счёт выделения вторичных нефтепродуктов на данной установке в 5–10 раз снижается количество газовых выбросов по сравнению с обычным сжиганием. Не происходит образования оксидов азота. Система очистки газов обеспечивает безвредность выбросов.

Промывка почвы с применением моющего средства БОК

Основными загрязняющими веществами являются нефть и нефтепродукты. Технология применяется для почв с содержанием нефтепродуктов от 500 до 700 г/кг. Суть метода заключается в многократной отмывке нефтепродуктов раствором технического моющего средства БОК с непрерывным отделением нефтепродуктов на маслоотделителе.

Преимущества метода заключаются в высокой степени очистки (95-98 %) с получением нефтепродукта, пригодного к последующему использованию, в высокой эффективности при высоких уровнях загрязнений.

Термическая десорбция

Основные загрязняющие вещества – полуплетучие галогенсодержащие и другие органические соединения

Данная технология направлена на утилизацию полуплетучих галогенсодержащих соединений. Она также может применяться и к другим органическим веществам.

Метод применяется для широкого ряда загрязнителей. Возможность применения не лимитируется свойствами, природой и характером почв.

Химическое восстановление/окисление

Основными загрязняющими веществами являются неорганические вещества. В некоторых случаях процессы восстановления/окисления применяют и к летучим галогенсодержащим и низколетучим органическим соединениям, топливным гидрокарбонатам и пестицидам.

С помощью реакций восстановления/окисления токсичные загрязняющие вещества переводят в менее токсичные соединения, более стабильные и/или инертные.

Присутствие нефти и масел конкурирует с загрязняющими веществами.

Биотермическая обработка шламовых отходов нефтяного комплекса

Деятельность предприятий нефтяного комплекса приводит к образованию объёмов шламовых отходов: шламов чистки резервуарных парков и оборудования, осадков и избыточных активных илов сооружений биологической очистки сточных вод, шламов химводоочистки теплоэлектроцентрали нефтеперерабатывающего завода (ТЭЦ НПЗ) и др.

Ориентировочные годовые объёмы некоторых видов шламовых отходов, образующихся на НПЗ мощностью до 10 млн. тонн/год по сырой нефти, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Объёмы крупнотоннажных шламовых отходов, продуцируемых крупными нефтеперерабатывающими и нефтехимическими предприятиями, тыс. тонн

Отходы	Количество шламов, образующиеся ежегодно, тыс. тонн	Количество шламов, размещённых в накопителях за 30 лет, тыс. тонн
Нефешламы	12	450
Осадки механической очистки нефтесодержащих сточных вод	2	35
Избыточные активные илы станций аэрации НПЗ	4	62
Шламы химводоочистки ТЭЦ НПЗ	4,5	140
Золошлаки ТЭЦ НПЗ	1	150

Нефешламовые отходы представляют собой сырьё, пригодное к использованию в качестве грунтоподобных материалов экранирования полигонов, рекультивации несанкционированных свалок, заполнения выемок отработанных карьеров. Однако перед утилизацией они должны подвергаться обработке в целях снижения токсичности путём разложения углеводов.

Перспективным способом разложения токсичных нефтепродуктов в шламовых отходах является биотермическое компостирование.

Такие отходы имеют ресурсное, технологическое и генетическое сродство с обрабатываемыми нефтешламами и позволяют реализовать принцип «обработки подобного подобным».

Компостирование нефтешламов по классической схеме сопровождается последовательной сменой температурных фаз (рис. 1).

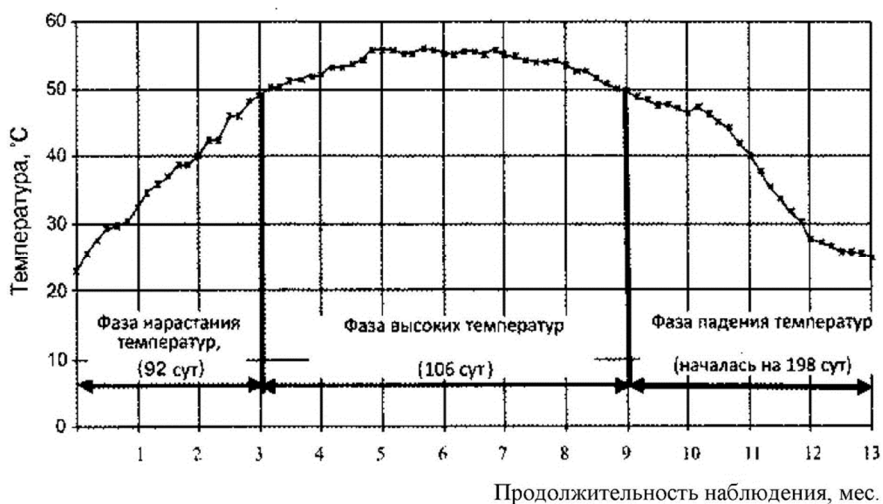


Рисунок 1 – Компостирование нефтешламов по классической схеме

Фаза нарастания температур является лимитирующей. Чем быстрее процесс выйдет на термофильный режим в диапазоне температур от 50 до 70 °С, тем быстрее произойдет биоразложение основной массы нефтепродуктов в шламах.

Накопленный авторами опыт показывает, что в компостируемых нефтеотходах процесс выхода на термофильную стадию длителен, иногда продолжается до полугода. Это связано с биоингибированием природной компостной микрофлоры токсичными углеводородами шламов. Например, биоразложение нефтепродуктов, осуществляющееся по классической схеме без интенсификации, протекает не менее года.

Один из способов интенсификации биотермической обработки – управление аэрацией (рис. 2), размерами и формой штабелей компоста в зависимости от стадийности процесса. Например, на фазе роста температур с одновременной инокуляцией смеси стартовыми дозами адаптированной микрофлоры аэрация должна осуществляться в непрерывном режиме, а толщина слоя компоста, подвергаемого продувке, должна быть не более 1,5–2,0 м.

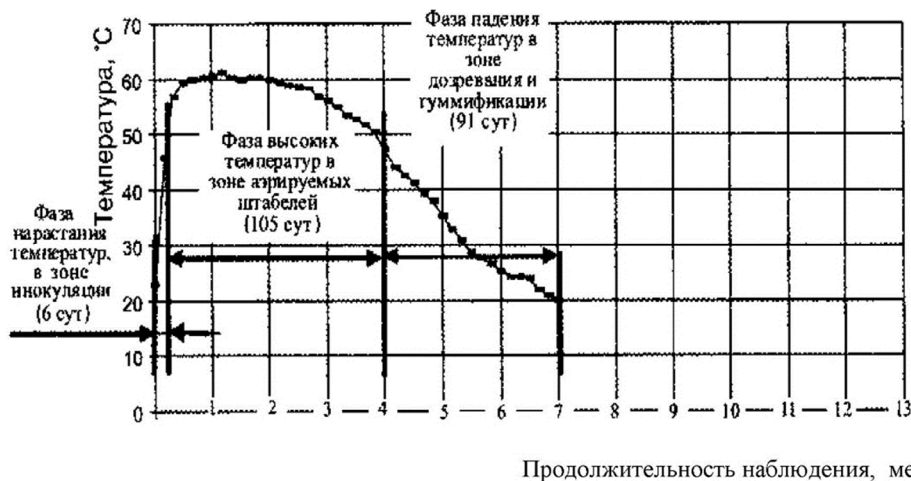


Рисунок 2 – Интенсификация биотермической обработки – управление аэрацией

Литература:

1. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для студентов вузов / А.И. Булатов [и др.]. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
2. Третьяк А.Я., Савенок О.В., Швец В.В. Охрана труда и техника безопасности при бурении и эксплуатации нефтегазовых скважин: учебное пособие для студентов ВУЗов, обучающихся по направлению «Нефтегазовое дело». – Новочеркасск : Лик, 2016. – 290 с.
3. Арутюнов Т.В., Савенок О.В. Экологические проблемы при разработке месторождений сланцевых углеводородов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2015. – № 9. – С. 39–42.
4. Яковлев А.Л., Савенок О.В. Нарушения экологической безопасности при интенсификации добычи нефти на месторождениях Краснодарского края // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2017. – № 1. – С. 50–54.
5. Поварова Л.В., Кусов Г.В. Нормативно-техническое регулирование экологической безопасности в нефтегазовой отрасли // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 4. – С. 195–216.
6. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
7. Шиян С.И., Омельченко Н.Н. Варианты реинжиниринга при реконструкции производственных объектов системы сбора, транспортировки и подготовки нефти, газа и воды Ивановского месторождения // Инженер-нефтяник. – 2020. – № 3. – С. 34–42.
8. Техника и технология восстановления продуктивности скважины № 1273 Уренгойского месторождения путём зарезки бокового ствола / Е.А. Холопов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 248–266.
9. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.
10. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.
11. Шиян С.И., Березовский Д.А. Анализ экономической и технологической эффективности эксплуатации боковых стволов на Красновском газонефтяном месторождении // Наука и техника в газовой промышленности. – 2020. – № 3 (83). – С. 26–37.
12. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.
13. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутринефтепромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.
14. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.
15. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международ-

ной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

16. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

17. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

18. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

19. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

20. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

21. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

22. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

23. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

24. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

25. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

26. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

Literature:

1. Ecology in the construction of oil and gas wells: a textbook for university students / A.I. Bulatov [and others]. – Krasnodar : LLC «Prosveshchenie-Yug», 2011. – 603 p.

2. Tretiak A.Y., Savenok O.V., Shvets V.V. Occupational Safety and Health when drilling and operating oil and gas wells: a training manual for students at universities studying in the direction of «Oil and Gas Business». – Novocherkassk : Lik, 2016. – 290 p.

3. Arutyunov T.V., Savenok O.V. Environmental problems in the development of shale hydrocarbon deposits // Environmental protection in the oil and gas sector. – 2015. – № 9. – P. 39–42.
4. Yakovlev A.L., Savenok O.V. Violations of environmental safety during the intensification of oil production in the fields of the Krasnodar Territory // Environmental Protection in the oil and gas sector. – 2017. – № 1. – P. 50–54.
5. Povarova L.V., Kusov G.V. Regulatory and technical regulation of environmental safety in the oil and gas industry // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2018. – № 4. – P. 195–216.
6. Gutsu A.S., Shiyan S.I. Analysis of the current state and prospects for the development of Lebedinsky gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.
7. Shiyan S.I., Omelchenko N.N. Re-engineering options for reconstruction of production facilities of the system of gathering, transportation and preparation of oil, gas and water of the Ivanovskoye field // Engineer-oilman. – 2020. – № 3. – P. 34–42.
8. Technique and technology of restoration of productivity of the well № 1273 of Urengoyevskoye field by sidetracking / E.A. Kholopov // Science. Technique. Technologies (Polytechnical Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 248–266.
9. Shiyan S.I., Skiba A.S. Technology of reservoir pressure maintenance system regulation at the Abino-Ukrainian field // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 279–288.
10. Shiyan S.I., Muntian V.S. Prospects for the development of the North-Tarasovskoye oil field with the use of energy- and resource-saving technologies // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 289–299.
11. Shiyan S.I., Berezovsky D.A. Analysis of economic and technological efficiency of operation of sidetracks in Krasnovskoye gas and oil field // Science and Technology in the gas industry. – 2020. – № 3 (83). – P. 26–37.
12. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas condensate field and justification of downhole equipment used / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.
13. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products at Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.
14. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoye field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.
15. Peculiarities of producing wells operation in West Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.
16. Improvement of the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.
17. Methods to increase oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of a field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : Materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.
18. Application of magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of double-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II

International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.

19. The solution of the problem of the negative effect of mechanical impurities in the ESP installations on the example of the Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.

20. Development of hydro-jet method of oil recovery / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.

21. Analysis of the causes of hydrate formation during well operation in gas fields / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.

22. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells in a gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.

23. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : Materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.

24. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskie readings : Materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.

25. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in the field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.

26. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : Materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.

ОСЛОЖНЕНИЯ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН

COMPLICATIONS DURING PERIODIC WELL OPERATION

Крылов Кирилл Алексеевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
kirillk-2000@mail.ru

Владимиров Антон Владимирович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
ante1922@icloud.com

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Муравлёва Мария Васильевна

аспирантка направления подготовки 05.06.01 «Науки о земле»,
Кубанский государственный технологический университет
masha.murawlewa@gmail.com

Кондауров Яков Александрович

студент направления подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет

Сабайдаш Максим Леонидович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
msabaydash@list.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные виды осложнений при периодической эксплуатации скважин, а также различные способы борьбы с ними. Проведен сравнительный анализ зависимости отказов оборудования от вида примесей.

Ключевые слова: механические примеси, эксплуатация скважин, продуктивный пласт, засорение примесями, электрический центробежный насос.

Krylov Kirill Alekseevich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
kirillk-2000@mail.ru

Vladimirov Anton Vladimirovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
ante1922@icloud.com

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Muravleva Maria Vasilievna

Postgraduate student training direction 05.06.01 «Earth sciences»,
Kuban state technological University
masha.murawlewa@gmail.com

Kondaurov Yakov Alexandrovich

Student training direction 21.04.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
yakondaurov@gmail.com

Sabaidash Maxim Leonidovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
msabaydash@list.ru

Annotation. This article discusses the main types of complications during the periodic operation of wells, as well as various ways to deal with them. A comparative analysis of the dependence of equipment failures on the type of impurities is carried out.

Keywords: mechanical impurities, well operation, productive formation, impurity clogging, electric centrifugal pump.

Значительная часть мировых запасов углеводородного сырья приходится на долю продуктивных пластов в слабых породах, которые подвержены разрушению при разработке, которое проявляется в выносе песка из скважин. Добыча из многих таких скважин, вскрывших запасы, происходит уже в разы дольше, чем ожидалось, и дальнейшее их использование приведет к разупрочнению пластов. Именно по этой причине добывающие компании проявляют растущий интерес к экономически эффективным методам устранения выноса механических примесей из скважин путем ремонта или установки новых систем предотвращения выноса песка там, где они отсутствовали.

В последнее время с распространением практики интенсификации добычи нефти, в том числе с использованием повышенной депрессии на пласты, увеличилась интенсивность воздействия на ПЗП. Часто это приводит к повышенному выносу незакрепленного проппанта и песка в процессе разрушения скелета пластов.

На рисунке 1 показана динамика преждевременных отказов УЭЦН и структура причин отказов по ПАО «НК «РОСНЕФТЬ» за 2010 г.

Почти 63 % отказов оборудования происходят по причине засорения механическими примесями (рис. 2). Но существуют и отдельные случаи, в которые доля отказов может достигать до 80 %. Именно поэтому тема борьбы с примесями так актуальна. Доказано, что механические примеси являются причиной отказов насосов, так как:

- крупные механические примеси, скапливаясь быстро внутри насоса, вызывают его заклинивание;
- рассеянные мелкие механических примеси, проходя через ЭЦН, вызывают чрезмерную вибрацию, и происходит повышенный износ элементов конструкции насоса.

Способ кратковременной – периодической эксплуатации скважин это мощный инструмент в борьбе с практически всеми основными осложнениями эксплуатации скважин: асфальто-смолисто-парафиновыми отложениями (АСПО) и солеотложениями, высокой

температурой, высоким газовым фактором, повышенным выносом механических примесей, высокой обводненностью продукции интенсивной коррозией. Некоторые из возможностей этого способа являются уникальными. Например: возможно использовать ПЭД обычного (нетермостойкого) исполнения, рассчитанных на эксплуатацию при температуре окружающей среды до 90 °С, в скважинах с температурой в зоне подвески погружного оборудования 100 °С и более без снижения МРП.

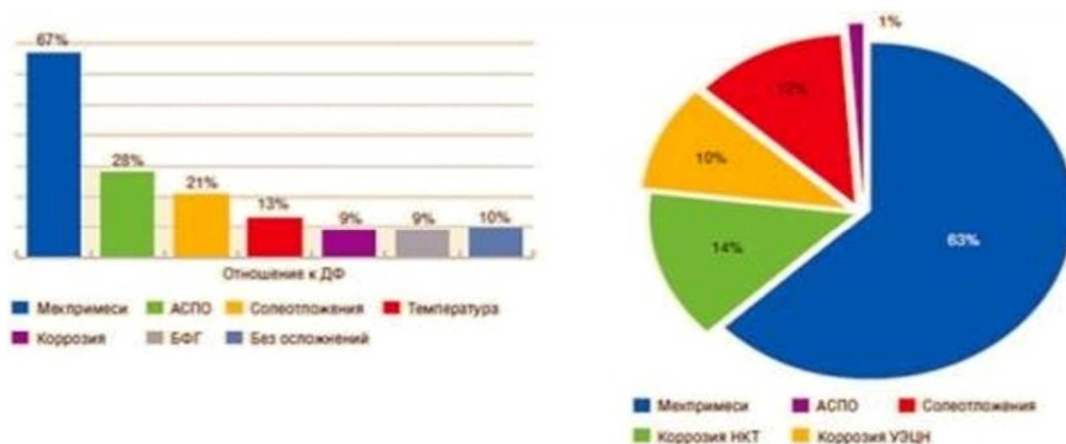


Рисунок 1 – Структура осложнённого фонда и причины отказов установок электрического центробежного насоса большинства добывающих скважин ПАО «НК «РОСНЕФТЬ» за 2010 г.



Рисунок 2 – Источники механических примесей, попадающих в насосную установку

Наименьшее значение температур, до которых нагревается погружное добывающее оборудование при кратковременной – периодической эксплуатации скважин, приводит снижение интенсивности его коррозии.

Считают, что при работе УЭЦН больше греется ПЭД. Но ЭЦН ввиду низкого КПД (30–60 %) выделяет тепла в разы больше, чем ПЭД, КПД которого выше (80–85 %). С учетом того, что мощность, потребляемая УЭЦН при работе даже в среднедебитных скважинах, составляет десятки киловатт, следовательно, выделяется значительное количество тепла. Несмотря на распространенное мнение, температура рабочих колес ЭЦН превышает температуру омывающей их пластовой жидкости не на пару градусов, а на десятки. При кратковременной эксплуатации скважин в кратковременном режиме работают не только ПЭД, но и ЭЦН. За маленькое время откачки жидкости из скважины насос не успевает нагреться до предельной температуры. Именно поэтому в сравнении с непрерывной эксплуатацией все элементы УЭЦН имеют гораздо меньшую температуру, а, следовательно, меньше подвергаются коррозии. В результате увеличения производительности УЭЦН и

скорости вращения насоса, при кратковременной эксплуатации скважин возрастает скорость потока жидкости внутри ЭЦН и НКТ во время ее откачки из скважины. За счет этого усиливается срыв отложений с внутренних поверхностей ЭЦН и НКТ, а значит и уменьшается интенсивность отложения солей и АСПО. Полезную роль в данном случае играют те самые механические примеси, присутствующие в откачиваемой из скважин пластовой жидкости практически всегда. При высокой скорости потока жидкости они сглаживают внутренние поверхности ЭЦН и НКТ, тем самым препятствуя отложению солей, парафинов и асфальтенов.

Литература:

1. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
2. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.
3. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
4. Кусов Г.В., Савенок О.В. Методы борьбы с АСПО на месторождениях ООО «РН – Краснодарнефтегаз» на примере Успенского и Горячеключевского участков // Строительство и ремонт скважин – 2010 : Сборник докладов Международной научно-практической конференции (27 сентября – 02 октября 2010 года, Геленджик, Краснодарский край) / ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо». – Краснодар : ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо», 2010. – С. 147–150.
5. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
6. Шиян С.И., Омельченко Н.Н. Варианты реинжиниринга при реконструкции производственных объектов системы сбора, транспортировки и подготовки нефти, газа и воды Ивановского месторождения // Инженер-нефтяник. – 2020. – № 3. – С. 34–42.
7. Техника и технология восстановления продуктивности скважины № 1273 Уренгойского месторождения путём зарезки бокового ствола / Е.А. Холопов [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 248–266.
8. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.
9. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.
10. Шиян С.И., Березовский Д.А. Анализ экономической и технологической эффективности эксплуатации боковых стволов на Красновском газонефтяном месторождении // Наука и техника в газовой промышленности. – 2020. – № 3 (83). – С. 26–37.
11. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутринефтепромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.
12. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.
13. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной

научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

14. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

15. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

16. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.

17. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

18. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

19. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

20. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

21. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

22. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

23. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

24. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

25. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

Literature:

1. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremichuk R.S. Scientific basis and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.

2. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.] – Novocherkassk : Publishing House «Lik», 2018. – 292 p.
3. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of oil and gas fields. – Krasnodar : Izd. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.
4. Kusov G.V., Savenok O.V. Methods of struggle against ARPD in the fields of «RN – Krasnodarneftegas» on the example of Uspenskoye and Goriacheklyuchevskoye areas // Well Construction and Repair – 2010 : Collection of reports of the International Scientific-Practical Conference (September 27 – October 02, 2010, Gelendzhik, Krasnodar Territory) / «Research and Production Firm «Nitpo» Ltd. – Krasnodar : LLC Research and Production Firm «Nitpo», 2010. – P. 147–150.
5. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and prospects of development of Lebedinskoye gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.
6. Shiyani S.I., Omelchenko N.N. Reengineering options for reconstruction of production facilities of the system of gathering, transportation and treatment of oil, gas and water of the Ivanovskoye field // Engineer-Neftyanik. – 2020. – № 3. – P. 34–42.
7. Technique and technology of restoration of productivity of the well № 1273 of Urengoyevskoye field by sidetracking / E.A. Kholopov [et al.] // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 248–266.
8. Shiyani S.I., Skiba A.S. Technology of reservoir pressure maintenance system regulation at Abino-Ukrainian field // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 279–288.
9. Shiyani S.I., Muntian V.S. Prospects for the development of the North-Tarasovskoye oil field with the use of energy- and resource-saving technologies // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 289–299.
10. Shiyani S.I., Berezovsky D.A. Analysis of economic and technological efficiency of operation of sidetracks in Krasnovskoye gas and oil field // Science and Technology in the gas industry. – 2020. – № 3 (83). – P. 26–37.
11. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products at Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – V. 3. – P. 266–271.
12. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoe field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – V. 3. – P. 272–277.
13. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 90–94.
14. Improving the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 95–101.
15. Methods of oil recovery enhancement and limiting factors of application of these methods by the example of the field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 399–402.
16. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of downhole equipment / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International scientific-practical conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – V. 3. – P. 258–265.

17. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 185–190.

18. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : Materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 295–300.

19. Application of magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of dual-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 220–223.

20. The solution of the problem of the negative impact of mechanical impurities in the ESP installations on the example of Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 227–231.

21. Methods to combat hydrate formation during well operation in the gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.

22. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : Materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.

23. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskie readings : Materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.

24. Development of hydro-jet method of oil production / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.

25. Analysis of the causes of hydrate formation during well operation in gas fields / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА НАЗЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ, ДОБЫЧИ НЕФТИ**

**IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY AND TECHNOLOGY
OF OPERATION AND REPAIR OF GROUND EQUIPMENT
FOR TRANSPORTATION AND STORAGE, OIL PRODUCTION**

Ладенко Александра Александровна

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
saha-ladenko@yandex.ru

Захаров Анастас Олегович

студент гр. ЗНМ-НД4
кафедры «Нефтегазовое дело имени профессора Г.Т. Вартумяна»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
anastaszakharov@mail.ru

Аннотация. Использование разработанной автором технологии очистки и установки её реализующей позволяет не только повысить качество обрабатываемой поверхности, но и снизить нагрузку на экологическую составляющую окружающей среды, а также уменьшить общие затраты и время на обработку оборудования.

Ключевые слова: совершенствование, технология, процесс, резерв, капитальный ремонт, очистка поверхности, гидродинамическое силовое воздействие, загрязнение, экология.

Ladenko Alexandra Aleksandrovna

PhD in Technical Sciences, Associate Professor
of the department «Machines and equipment of non-oil and gas production»,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban state technological University
saha-ladenko@yandex.ru

Zakharov Anastas Olegovich

Student of the Department
of «Oil and Gas Affairs named after Professor G.T. Vartumyan»
of the Institute of «Oil, Gas and Energy»,
«Kuban State Technological University»
anastaszakharov@mail.ru

Annotation. The use of the cleaning technology developed by the author and its implementation allows not only to improve the quality of the treated surface, but also to reduce the load on the ecological component of the environment, as well as to reduce the total costs and time for processing equipment.

Keywords: improvement, technology, process, reserve, overhaul, surface cleaning, hydrodynamic force impact, pollution, ecology.

Увеличение нефтедобычи и нефтепроизводства сопровождается увеличением объемов нефтяных загрязнений, вызывающих нарастание экологической угрозы [1, 2, 8].

Нефтяное и газовое хозяйство является одной из важнейших отраслей народного хозяйства. Эта отрасль состоит из множества звеньев. Для того чтобы добыть нефть и газ и получить товарный продукт необходимо пройти множество стадий: разведка, бурение, обустройство месторождений, создание инфраструктуры, строительство и эксплуатация магистральных трубопроводов, хранение сырья, доставка продуктов рынкам сбыта и др. Каждая стадия требует подготовки и решения множества технических задач. Использование, например, математического аппарата позволяет решать задачи отрасли.

Производственный процесс добычи нефти и газа представляет собой комплекс разнородных частичных производственных процессов:

- собственно добыча нефти и газа (извлечение из пласта на поверхность);
- сбор и утилизация попутного газа;
- комплексная подготовка нефти и газа;
- транспорт и хранение нефти;
- подземный ремонт скважин;
- наземный ремонт скважин и оборудования;
- капитальный ремонт скважин;
- нагнетание рабочего агента в пласт;
- исследование скважин и пластов;
- монтаж и демонтаж механического и энергетического оборудования.

К основным резервам совершенствования производственного процесса нефтегазодобычи, обеспечивающим снижение себестоимости конечной целевой продукции относятся:

- сокращение потерь нефти и газа в процессе их извлечения, подготовки и транспортировки до потребителя;
- повышение степени использования (утилизации) попутного газа;
- совершенствование производственной структуры нефтегазодобывающих предприятий за счет максимально возможного освобождения основного производства от вспомогательных функций и концентрации их в рамках специализированных подразделений (ремонтных, транспортных, спецтехники и др), действующих в составе нефтегазодобывающего объединения;
- переход нефтегазодобывающего производства на рыночные отношения, предусматривающие организацию конкуренции у участников процесса освоения нефтегазовых ресурсов (геологоразведчиков, буровиков и др.).

Деятельность нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслей промышленности приводит к тому, что существующие технологии ликвидации загрязнений нефтегазопромыслового и транспортного оборудования зачастую не обеспечивают требуемых объемов, темпов и степени очистки природных, промышленных и хозяйственных объектов от нефтяных загрязнений, оказываются или малоэффективными, или высоко затратными и не всегда соответствуют современным требованиям экологии.

Капитальный ремонт нефтяных хранилищ, промысловых трубопроводов, промежуточных емкостей очистки, подготовки нефти к транспорту, как правило, сопровождается в ряде случаев загрязнением больших площадей нефтью или нефтепродуктами, которые ликвидируются подручными средствами (песок, торф, бентонит и т.п.). При аварийных разливах нефти этого недостаточно, тем более при попадании нефти на водную поверхность и при потерях в воздушную среду. А вывод технологического оборудования и емкостей в капитальный ремонт приводит к простоям оборудования и как следствие к уменьшению нефтедобычи [1].

Поэтому проблема создания принципиально новых методов и средств, для очистки промышленных и хозяйственных объектов от углеводородных загрязнений приобретает особую актуальность в последние годы, что связано с необходимостью повышения инвестиций в компаниях для сохранения действующего фонда основных средств [1, 2, 3].

Современная экологическая обстановка диктует необходимость внедрения на нефтеперерабатывающих и нефтедобывающих предприятиях современных технологий, обеспечивающих безотходность процесса ликвидации углеводородных загрязнений, при условиях низкой стоимости работ по очистке объектов, быстром освоении их промышленного производства и безопасной эксплуатации [3]. Также надо иметь в виду, что новые технологии призваны приводить в рабочее состояние действующий арсенал промышленных и хозяйственных объектов за короткое время и экономить средства компаний, не вводя в действие новые объекты.

На сегодняшний день, предлагается ряд принципиально новых технологий и технических средств и комплексов, реализующих очистку металлических поверхностей, удаление нефтешламов, грунтов и других объектов от углеводородных (нефтяных) соединений и отходов. Усложняет решение огромное многообразие конструктивных решений объектов.

Используются для создания новых технологий механические, физические, химические, гидравлические способы очистки поверхностей. Автором в [1] приведена классификация методов очистки поверхностей наземного оборудования транспорта и хранения углеводородов. Автором, при классификации методов были учтены разработки в других отраслях промышленности с непосредственной адаптацией к очистке внутренних поверхностей емкостей-резервуаров [4].

Данные методы можно использовать для любых конструкций нефтепромысловых емкостей и технологического оборудования.

Основой для создания новых технологий могут служить наиболее перспективные гидродинамические технологии [1, 2, 4].

Одним из зарекомендовавших себя проектов новых технологий на потребительском рынке является технология с использованием передвижных мобильных комплексов. Комплекс может иметь несколько рабочих этапов, где последовательно реализуется поставленная задача очистки поверхности от загрязнения [5, 8].

В основе предлагаемого метода [5] лежит использование кавитационного генератора колебаний давления с вращающейся головкой с насадками, приводимая во вращение силой реактивности струй из эксцентрично расположенных гидромониторов. Рабочей жидкостью может служить подаваемый по трубопроводу пар или воднопесчаная смесь, которая усиливает эффект очистки металлической поверхности [2, 5, 8, 9].

Осадок фильтруется, вода по рециклу возвращается обратно в резервуар. Рециркуляция воды – полностью автоматический процесс. Механические примеси (отслаивающаяся ржавчина и т.д.) оседают в среднем отсеке каскадного устройства [5, 8].

Основные преимущества метода автоматической очистки резервуаров с помощью установки по сравнению с методом ручной очистки: работает один оператор – исключается необходимость пребывания персонала внутри резервуара; максимальное восстановление углеводорода благодаря процессу сепарации; более быстрая очистка: время может быть сокращено на 30–50 %; экономическая эффективность за счет снижения общих затрат на очистку; наиболее эффективна технология мощного оборудования и насадок позволяет повысить эффективность полной очистки поверхности; – высокая мобильность позволяет чаще переключаться между разными видами нефтепродуктов.

Результаты исследований отображены в статьях, публикациях, апробированы в учебном процессе [1–10]. В рамках НИОКР проведены ежегодные хозяйственные темы с участием автора «Разработка технологии очистки комплекса емкостей от отложений нефтепродуктов гидрокавитационным способом», «Разработка пульсирующего гидро-

монитора для очистки емкостей от отложений остаточных нефтепродуктов», «Разработка проектной документации сепаратора очистки» и другие.

Разработаны устройства, реализующие гидродинамическую технологию очистки внутренних поверхностей емкостей от отложений, и определены их рабочие параметры при гидродинамической очистке поверхностей от отложений в стендовых и натуральных условиях. Проводится дальнейшее усовершенствование устройств и технологии очистки резервуаров.

Разработаны и получены Свидетельства интеллектуальной собственности по ЭМК «Оборудование для добычи нефти и газа», «Гидравлика и гидропневмопривод», «Гидравлические и пневмотические системы ТТМиО», «Осложненные условия разработки и эксплуатации нефтяных месторождений», монография «Гидравлические струи при эксплуатации добычи нефти» (2018 г.), учебное пособие «Технологии ремонта и эксплуатации нефтепромыслового оборудования» (2019 г.) [2, 3, 5, 8, 9, 10]. Электронные комплексы и учебные пособия позволяют использовать материал для обучения, как студентов, так и отраслевых работников при эксплуатации и ремонтах оборудования.

Законодательства, касающиеся вопросов борьбы с загрязнениями окружающей среды и индивидуальной гигиены человека, оказывают давление на промышленность по вопросам нахождения новых решений для обеспечения безопасности труда и снижения воздействия на экологию. Поэтому нефтяные и нефтехимические компании все больше нуждаются в автоматическом, экономически выгодном, высококачественном и удобном методе очистки оборудования.

Литература:

1. Ладенко А.А. Современные энергосберегающие методы очистки внутренних поверхностей нефтепромыслового оборудования // Научный потенциал вуза – производству и образованию. Сборник трудов по материалам межвузовской научно-практической конференции, посвященной 89-летию Куб ГТУ (15–16 июня 2007 г.). – Т. 3. – Армавир : Изд-во АМТИ, 2007. – С. 70–74.

2. Ладенко А.А. К вопросу удаления отложений на внутренней поверхности нефтепромыслового оборудования // Фундаментальные и прикладные проблемы получения новых материалов: исследования, инновации и технологии : материалы IV Международной конференции 20–22 апреля 2010 г. – Астрахань : Изд-во Астраханский университет, 2010. – С. 188–192.

3. Ладенко А.А. Полуавтоматическая система гидродинамической очистки внутренней поверхности нефтепромыслового оборудования // Проблемы развития автоматизации и механизации процессов добычи, переработки и транспорта газа и газового конденсата : материалы научно-технической конференции. – Краснодар : Издательский дом-Юг, 2008. – С. 35–41.

4. Ладенко А.А., Родионов В.П., Ладенко Н.В. Супергидрокавитационная технология очистки систем водоотведения // Энергосбережение и водоподготовка. № 5. – М. : Изд-во «Сам Полиграфист», ООО «ЭНИВ», 2016. – С. 77–80.

5. Ладенко А.А. Супергидрокавитационная технология очистки // Булатовские чтения : материалы I Международной научно-практической конференции. Сборник статей. В 5 т. / Под ред. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский дом-Юг, 2017. – Т. 4. – С. 61–63.

6. Ладенко А.А. Очистка от отложений солей // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2. – Ч. 1. – С. 216–218.

7. Ладенко А.А., Зеленская Е.А., Зеленская Т.В. Особенности коксообразования на органически модифицированных цеолитных катализаторах нефтепереработки // Экспозиция. Нефть. Газ. – 2018. – № 5 (65). – С. 79–61.

8. Ладенко А.А. Гидравлические струи при эксплуатации добычи нефти : монография / Кубан. гос. технол. ун-т., Армавир. мех-техн. ин-т. – Армавир : РИО АГПУ, 2018. – 169 с.

9. Ладенко А.А., Захарьянц А.О. Процессы эксплуатации и ремонта оборудования транспорта и хранения углеводородного сырья // Особенности развития российского общества: наука, производство, культура : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, преподавателей (10 сентября 2019 г.). – Армавир : Армавирский государственный педагогический университет, 2019. – С. 78–80.

10. Ладенко А.А. Гидравлические струи при эксплуатации объектов добычи нефти // Наука и технологии в нефтегазовом деле. Тезисы докладов II Международной научно-практической конференции (31 января – 01 февраля 2020 г.). – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2020. – С. 100–102.

Literature:

1. Ladenko A.A. Modern energy-saving methods of cleaning internal surfaces of oil-field equipment // Scientific potential of university – production and education. Proceedings of the Materials of the interuniversity scientific conference dedicated to the 89th anniversary of Kuban State Technical University (15–16 June 2007). – Vol. 3. – Armavir : Publishing house of AMTI, 2007. – P. 70–74.

2. Ladenko A.A. On the removal of deposits on the inner surface of oil field equipment // Fundamental and applied problems of obtaining new materials: research, innovation and technology: Proceedings of the IV International Conference 20–22 April 2010. – Astrakhan : Publishing house Astrakhan University, 2010. – P. 188–192.

3. Ladenko A.A. Semi-automatic system of hydrodynamic cleaning of inner surface of oilfield equipment // Problems of development of automation and mechanization of processes of production, processing and transport of gas and gas condensate : Materials of scientific and technical conference. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2008. – P. 35–41.

4. Ladenko A.A., Rodionov V.P., Ladenko N.V. Super-hydro-cavitation technology for purification of drainage systems // Power Saving and Water-Preparation. № 5. – M. : Publishing house «Sam Polygraphist», LLC «ENIV», 2016. – P. 77–80.

5. Ladenko A.A. Superhydrocavitation treatment technology // Bulatov Readings : Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference. Collection of articles. In 5 vol. / Ed. by O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2017. – V. 4. – P. 61–63.

6. Ladenko A.A. Cleaning from salt deposits // Bulatov readings. – 2018. – V. 2-1. – P. 216–218.

7. Ladenko A.A., Zelenskaya E.A., Zelenskaya T.V. Features of coke formation on organically modified zeolite catalysts of oil refining // Exposition. Oil. Gas. 2018. – № 5 (65). – P. 79–61.

8. Ladenko A.A. Hydraulic jets in oil production operation : monograph / Kuban State Technological University, Armavir. mechanical-technical institute. – Aravir : RIO AGPU, 2018. – 169 p.

9. Ladenko A.A., Zakharyants A.O. Processes of operation and repair of equipment of transport and storage of hydrocarbon raw materials // Features of development of Russian society: science, production, culture : materials of International scientific and practical conference of students, graduate students, teachers (September 10, 2019). – Armavir : Armavir State Pedagogical University, 2019. – P. 78–80.

10. Ladenko A.A. Hydraulic jets in the operation of oil production facilities // Science and technology in oil and gas. Theses of Reports of the II International Scientific-Practical Conference (January 31 – February 01, 2020). – Krasnodar : Kuban State Technological University, 2020. – P. 100–102.

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ С РЕШЕНИЕМ ВОПРОСА ЭКСПЛУАТАЦИИ
И РЕМОНТА НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**OPTIMIZATION OF OIL FIELD DEVELOPMENT PROCESSES
WITH THE SOLUTION OF THE ISSUE OF OPERATION
AND REPAIR OF OILFIELD EQUIPMENT**

Ладенко Александра Александровна

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
saha-ladenko@yandex.ru

Захаров Анастас Олегович

студент гр. ЗНМ-НД4
кафедры «Нефтегазовое дело имени профессора Г.Т. Вартумяна»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
anastaszakharov@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы оптимизации процессов разработки месторождений. Представлена особенность разработки различных месторождений, влияющая на увеличение нефтеотдачи.

Ключевые слова: оптимизация, процесс, месторождение, разработка, скважина, эксплуатация, ремонт, оборудование.

Ladenko Alexandra Aleksandrovna

PhD in Technical Sciences, Associate Professor
of the department «Machines and equipment of non-oil and gas production»,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban state technological University
saha-ladenko@yandex.ru

Zakharov Anastas Olegovich

Student of the Department
of «Oil and Gas Affairs named after Professor G.T. Vartumyan»
of the Institute of «Oil, Gas and Energy»,
«Kuban State Technological University»
anastaszakharov@mail.ru

Annotation. The issues of optimization of field development processes are considered. A feature of the development of various fields, which affects the increase in oil recovery, is presented.

Keywords: optimization, process, field, development, well, operation, repair, equipment.

Нефтяное месторождение – множество добывающих и нагнетательных скважин вместе с разрабатываемыми нефтяными пластами, технологическим оборудованием – представляет собой большую сложную систему [1].

Чтобы оттенить эффективность системной оптимизации, можно привести примеры неудачной несистемной оптимизации: когда с целью увеличения добычи нефти увеличивали общее число скважин, однако получали наоборот снижение текущей добычи; когда с благим намерением проводили форсированный отбор жидкости, но не учитывали ограниченную, хотя и большую, пропускную способность промыслового хозяйства и получали снижение текущей добычи; когда с желанием увеличить дебиты нефти, уменьшали забойные давления добывающих скважин ниже давления насыщения нефти газом, но из-за высокого содержания парафина после кратковременного повышения получали устойчивое долговременное снижение дебита нефти и увеличение обводненности, выход из строя нефтепромыслового оборудования [2]. Скважина, ее эксплуатация – это система нефтепромыслового оборудования (подземного и наземного), связанного в одну систему объекта. Нарушение технологии – это выход из строя, нарушение работы системы.

Изменение того или иного фактора редко дает только положительные эффекты, обычно дает целый спектр больших и малых положительных и отрицательных эффектов. Поэтому требуется определить общий результирующий эффект и судить по нему.

Инструментом оптимизации служат уравнения разработки нефтяной залежи вместе с критериями локальной и глобальной оптимальности. Но обязательным средством оптимизации является информация. Положительное свойство уравнений – их восприимчивость к обычной промысловой информации о работе и исследованиях скважин. По этой информации с помощью уравнений решают серию обратных задач и устанавливают основные параметры нефтяных пластов – их продуктивность, неоднородность, разрабатываемые извлекаемые запасы нефти и жидкости, коэффициент различия физических свойств нефти и вытесняющего агента, долговечность скважин. В последние годы в нефтяной промышленности в связи с широким внедрением информационных систем, современных технологий исследования скважин, систем регистрации информации объектов разработки, скважин, скважинного оборудования, самих пластов и месторождения в целом возрос также интерес к задачам использования математических моделей процессов нефтегазодобычи [3, 4].

Имея информацию на различных стадиях существования месторождения – проектировании, эксплуатации, ремонте – применяют методы, увеличивающие работоспособность объекта с целью увеличения добычи сырья.

На крупной нефтяной залежи обязательной составной частью оптимизации извлечения запасов нефти должен быть скоростной промысловый эксперимент на небольшом участке с густой сеткой скважин по ускоренному опробованию запроектированной технологии.

В дальнейшем в процессе разработки нефтяной залежи необходимо тщательно анализировать работу скважин – по участкам и пластам вести оперативную разведку полноты выработки запасов нефти.

Эксплуатируемые нефтегазовые месторождения сильно различаются между собой по глубине залегания и характеристике продуктивных пластов, по вязкости нефти и содержанию газа и парафина, по разбуренности и стадии разработки. Поэтому системная оптимизация по месторождениям имеет свои отличительные черты.

По месторождению, например, прежде всего можно рекомендовать поднять забойное давление добывающих скважин до давления насыщения нефти газом, чтобы исключить процесс разгазирования и выпадения парафина в прискважинных зонах пластов, снизить фильтрационное сопротивление нефтяных слоев и пластов, увеличить дебит нефти и уменьшить обводненность добываемой жидкости. Повышение забойного давления добывающих скважин надо дополнить повышением пластового и забойного давлений нагнетательных скважин. При этом улучшится общее состояние разработки нефтяных пластов: повысится их проницаемость, уменьшится отложение солей, увели-

чится охват заводнением, уменьшится соотношение подвижностей вытесняющей воды и нефти. В итоге значительно возрастут нефтеотдача пластов и текущая добыча нефти. Ожидаемая эффективность этого мероприятия намного больше эффективности закачки, например, горячей воды и других мероприятий.

Кроме общего повышения давления, на месторождении необходимо дополнительным бурением, где надо нагнетательных, а где надо добывающих скважин, вовлечь в разработку запасы нефти прерывистых и малопроницаемых пластов. Необходимо, чтобы на каждом участке и по каждому пласту добывающие скважины имели свои нагнетательные, а нагнетательные имели свои добывающие, то чтобы все ячейки скважин были полностью укомплектованы.

В процессе эксплуатации месторождения вследствие действия множества факторов из строя выходят скважины, не отобрав свои извлекаемые запасы нефти. Отсюда нарушение режима эксплуатации нефтепромыслового оборудования и не выполнение задачи добычи. Это случайный процесс, но для крупных месторождений его можно вполне удовлетворительно прогнозировать. Сейчас на месторождениях таких вышедших из строя скважин имеется большое количество. Их необходимо либо ремонтировать, либо ликвидировать, а вместо ликвидированных, где надо, пробурить скважины дублеры. Для этого требуется удвоить производительность ремонтных бригад [2].

Для повсеместной оптимизации сетки скважин необходимо по всем участкам и пластам оценить еще не введенные в разработку и еще не отработанные извлекаемые запасы нефти. А это требует информации и коренного усовершенствования существующей информационной службы. Основным средством поддержки принятия решений, применяемым при разработке месторождений, является создание постоянно действующих геолого-технологических моделей разработки месторождений (ПДГТМ) [3]. Благодаря такому усовершенствованию будут устранены потери закачиваемой воды и получен суммарный эффект в десятки миллионов рублей; станут осуществлять прецизионную, то особо точную, разработку нефтяных пластов, что в свою очередь даст очень большой эффект.

На месторождении могут быть эффективны: общее повышение давления, коренное улучшение положения с информацией и прецизионная разработка, работа с фондом малодобитных скважин, ремонт или ликвидация вышедших из строя скважин, для чего нужно удвоить производительность ремонтных бригад, а также бурение скважин-дублеров.

Но существуют месторождения, имеющие свои отличительные черты, свою особую сложность. Это – многопластовость, сочетание пластов высокопродуктивных и низкопродуктивных, нефтяных, водонефтяных, газонефтяных и газовых, давно разрабатываемых и неразрабатываемых, разрабатываемых высокоэффективно и неэффективно. Все это многообразие надо было учесть при проектировании. Примененная методика такова, что результаты расчета в целом по месторождению совпадали с результатами расчета по объектам. Это позволило проектировать разработку в целом по месторождению в режиме заданных отборов нефти и установить высокий и стабильный уровень добычи нефти для продолжительного периода времени.

На месторождении запроектирована максимально равномерная общая сетка скважин, что позволит более эффективно использовать фонд скважин.

Отличительной чертой разработки других месторождений может быть интенсивное разбуривание и ввод в эксплуатацию, быстрое достижение запроектированного высокого уровня добычи нефти. Эти месторождения обладают сложным строением продуктивных пластов. Они неоднородны, прерывисты, имеют тектонические нарушения и газовые шапки. Корреляция пластов затруднительна. На момент проектирования разработки проектируется адаптивная система разработки, применимая при любом представлении о геологическом строении пластов. Это система с основным площадным за-

воднением и дополнительным законтурным, и равномерной общей сеткой скважин. Она позволяет эксплуатационное разбуривание сочетать с доразведкой и тут же использовать результаты доразведки; каждый отдельный участок разрабатывать самостоятельно, а скважины, оказавшиеся ненужными по своим объектам, эффективно использовать по соседним объектам.

На месторождениях с низкопроницаемыми продуктивными пластами проектируется применение площадного заводнения с фронтальными оторочками газа высокого давления. Газ для этой цели будет взят из нижнего газоносного горизонта. При ограниченных запасах газа высокого давления приходится оптимизировать размеры оторочек. Благодаря этому каждая тонна газа будет давать дополнительно пять тонн нефти.

При системной оптимизации разработки нефтяного месторождения надо соблюдать определенный порядок (определенную последовательность) и учитывать взаимную независимость действия факторов [3, 4].

1. Прежде всего необходимо выбрать геометрию сетки скважин В условиях зонально неоднородных и прерывистых пластов, если в изменчивости коллекторских свойств отсутствует анизотропия (односторонняя направленность) либо возможная анизотропия остается еще неизвестной, то лучшей является равномерная сетка.

2. Выбрать схему размещения нагнетательных скважин. При выборе надо учесть площадь нефтяных пластов, их зональную неоднородность и прерывистость, наличие тектонических нарушений, расположение газонефтяных и водонефтяных контуров. При большой нефтеносной площади господствующим является внутриконтурное заводнение, а дополнительным приконтурное. В сложных условиях лучшим будет внутриконтурное площадное заводнение. Причем во многих случаях лучше обращенная 9-точечная схема с тремя добывающими скважинами на одну нагнетательную, а в первый период нагнетательных может быть вдвое меньше – одна на семь добывающих.

Для этой схемы заводнения проектируют промысловое обустройство. От этого площадного заводнения довольно легко перейти к рассредоточенному избирательному.

Существует много модификаций избирательного заводнения. Их общая черта – решение о включении под нагнетание той или иной скважины принимают после ее бурения и исследования, когда выявляют геологическое строение пластов в зоне этой скважины. Под закачку воды могут выбирать скважины в зонах повышенной продуктивности пластов, эффективной толщины пластов, степени связанности с окружающими скважинами, вязкости нефти, а также скважины в местах слияния вышележащих нефтеносных и нижележащих водоносных пластов, вышележащих газоносных и нижележащих нефтеносных. Вместо избирательности нагнетательных скважин может быть избирательность добывающих – в местах максимальной концентрации запасов нефти с минимальной газоносной и водоносной толщиной. Более того, в пределах нефтяной площади вместо той или иной избирательности может быть оптимальное формирование ячеек скважин.

В качестве критерия может быть использован максимум начального дебита нефти на одну пробуренную скважину.

3. Следующий шаг – выбор забойных давлений нагнетательных и добывающих скважин. Верхний предел – ниже давления гидроразрыва пластов, нижний предел – давление насыщения нефти газом. При снижении забойного давления добывающих скважин ниже давления насыщения маловязкая нефть превращается в нефть повышенной вязкости и высоковязкую со всеми вытекающими отсюда последствиями – холостая прокачка больших объемов воды и снижение нефтеотдачи пластов.

4. Далее – выделение эксплуатационных объектов, каждый из которых имеет свою самостоятельную сетку добывающих и нагнетательных скважин.

Критерием может быть максимум среднего дебита нефти на одну скважину при заданной конечной нефтеотдаче пластов или заданной нефтеотдаче за основной период эксплуатации до 80–90 %-ной обводненности продукции скважин.

5. В заключении – выбор плотности сетки скважин, определение рациональной нефтяной площади и рациональных извлекаемых запасов нефти на одну пробуренную скважину. Критерием служит максимум народнохозяйственного экономического эффекта на единицу запасов нефти.

Кроме оптимизации системы разработки нефтяного месторождения может быть оптимизация соотношения разведочного и эксплуатационного бурения, направления эксплуатационного бурения, конструкции и долговечности скважин, оптимизация перехода с режима истощения на режим вытеснения нефти закачиваемым агентом, применения вытесняющего агента, использование и реконструкции промышленного хозяйства, перехода на форсированный отбор нефти. Иными словами оптимизация процессов разработки нефтяного месторождения непосредственно связана с решением вопроса эксплуатации и ремонта нефтепромыслового оборудования.

Литература

1. Большая Российская энциклопедия, 2008. – 1887 с. : ил., карт.; 27 см. – (Золотой фонд. Энциклопедический словарь).

2. Габриэлянц Г.А. Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений : учебник. – М. : Недра, 2003. – 352 с.

3. Ладенко А.А., Квашина А.М., Нагайцева А.В. Использование математических моделей процессов нефтегазодобычи. – Армавир : Издательство АГПУ, 2019 г. – С. 104–107.

4. Ладенко А.А., Стадник В.С., Липулени О.Д.Э. Мониторинг и управление объектами добычи нефти (научная статья) // Особенности развития российского общества: наука, производство, культура : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, преподавателей, посвященной 60-летию Армавирского механико-технологического института / Кубанский государственный технологический университет, Армавирский механико-технологический институт. Кафедра гуманитарных дисциплин, 2019. – С. 111–114.

Literature

1. Bolshaya Rossiiskaya entsiklopediya, 2008. – 1887 p. : fig., map.; 27 cm. – (Golden Fund. Encyclopedic Dictionary).

2. Gabrielyants G.A. Geology, prospecting and exploration of oil and gas fields: Textbook. – M. : Nedra, 2003. – 352 p.

3. Ladenko A.A., Kvashina A.M., Nagaitseva A.V. Use of mathematical models of oil and gas production processes. – Armavir : Publisher AGPU, 2019. – P. 104–107.

4. Ladenko A.A., Stadnik V.S., Lipuleni O.D.E. Monitoring and management of oil production facilities // Features of the development of Russian society: science, production, culture : materials of the International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates, Teachers dedicated to the 60th anniversary of the Armavir Institute of Mechanics and Technology. Kuban State Technological University, Armavir Mechanical and Technological Institute. Department of Humanities, 2019. – P. 111–114.

**УДАЛЕНИЕ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ
И МИНЕРАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ РЕМОНТЕ
НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**REMOVAL OF ASPHALT-PLASTIC ARAFFIN AND MINERAL
DEPOSITS DURING THE REPAIR OF OILFIELD EQUIPMENT**

Ладенко Александра Александровна

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
saha-ladenko@yandex.ru

Киракосян Гурген Арташесович

студент гр. ЗНМ-НД4
кафедры «Нефтегазовое дело имени профессора Г.Т. Вартумяна»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
anastaszakharov@mail.ru

Аннотация. Использование разработанной авторами технологии очистки и установки её реализующей позволяет не только повысить качество обрабатываемой поверхности, но и снизить нагрузку на экологическую составляющую окружающей среды, а также уменьшить общие затраты и время на ремонт оборудования.

Ключевые слова: удаление, технология, процесс, оборудование, капитальный ремонт, очистка поверхности, гидродинамическое силовое воздействие, загрязнение, экология.

Ladenko Alexandra Aleksandrovna

PhD in Technical Sciences, Associate Professor
of the department «Machines and equipment of non-oil and gas production»,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban state technological University
saha-ladenko@yandex.ru

Kirakosyan Gurgen Artashesovich

Student of the Department
of «Oil and Gas Affairs named after Professor G.T. Vartumyan»
of the Institute of «Oil, Gas and Energy»,
«Kuban State Technological University»
anastaszakharov@mail.ru

Annotation. The use of the cleaning technology developed by the authors and the installation of its implementing allows not only to improve the quality of the treated surface, but also to reduce the load on the environmental component of the environment, as well as to reduce the total costs and time for repairing the equipment.

Keywords: removal, technology, process, equipment, overhaul, surface cleaning, hydrodynamic force effect, pollution, ecology.

Для реализации современных экологических требований к эксплуатации и ремонту нефтепромыслового оборудования резервуарных парков существует ряд современных технологий использующих различные методы очистки внутренних поверхностей резервуаров и оборудование для их осуществления. Одним из наиболее эффективных методов, на сегодняшний день, является комбинированный метод очистки основанный на гидродинамическом (кавитационный и гидроструйный) и физико – химическом воздействии струй рабочего раствора на водонефтяные отложения.

Очистка емкостей после хранения, транспортировки, переработки нефти имеет ряд особенностей – на поверхности остается многокомпонентная система, в которой условно можно выделить несколько слоёв: остатки нефти, асфальтосмолопарафиновые, минеральные, продукты коррозии. В разработанном нами способе очистки поверхности предусмотрены блоки по воздействию на поверхность оборудования, сбору загрязнений, выделению твердых компонентов из системы. Нефтяные и асфальтосмолопарафиновые отложения отличаются высокой вязкостью. Для увеличения растворимости, снижения вязкости, большее значение имеет температурный фактор, состав жидкости, которой обрабатывают поверхность. Поэтому при очистке поверхности от асфальтосмолопарафиновых отложений использован комбинированный метод. Для снижения поверхностного натяжения жидкости поверхность обрабатывают растворами поверхностно-активных веществ: традиционными моющими средствами, а также четвертичными аммониевыми солями, содержащими фурановый, тетрагидрофурановый, 1,3-диоксолановые циклы. Температура растворов 70–80 °С. Следующий этап – использование энергии пульсирующей струи. В литературе широко представлены работы по применению струевых методов: «непрерывной струи», «ускоренной струи», «остановленной струи» [1, 5, 6, 7]. При воздействии на поверхность преодолевается преимущественно «плотность энергии когезии» – это отношение изменения энергии испарения или межмолекулярного взаимодействия жидкостей ΔE_u [2]. Межмолекулярное взаимодействие по абсолютной величине равно, а по знаку противоположно потенциальной энергии в единице объема жидкости. В качестве величины, определяющей растворимость, используют «параметр растворимости $\delta \sqrt{M \rho a}$. В величине δ учитывается величина энтальпии испарения (ΔH_u) растворителя, кДж/моль:

$$\delta = \sqrt{\frac{\Delta E_u}{V^0}} = \sqrt{\frac{\Delta H_u - RT}{V^0}} = \sqrt{\frac{(\Delta H_u - RT)d}{M}}, \quad (1)$$

где V^0 – мольный объем смеси компонентов (растворителя); \overline{M} – молекулярная масса (кг/моль); d – плотность (кг/м³); ΔH_u – энергия испарения, R – универсальная газовая постоянная кДж/(мольК); T – температура.

Для смеси углеводородов значение энтальпии (ΔH_u) определяются через объемные доли компонентов смеси $\Delta H_u = \omega_1 \omega_2 V_{CM} (\delta_1 - \delta_2)^2$, если число компонентов $n > 2$, это выражение усложняется. При работе с реальными смесями, в которых имеются не только n органических компонентов, но и коллоидные частицы, олигомеры, твердые примеси расчет параметра растворимости по формуле 1, значительно отличается от значений, полученных при испытаниях на реальных объектах. Поэтому, наряду с безусловной необходимостью продолжения работ в области моделирования указанного процесса, важным моментом исследований остаётся лабораторный способ определения оптимальных условий воздействия на многокомпонентную систему.

Авторами [5, 6, 7] создана установка для удаления асфальтосмолопарафиновых отложений, выявлена зависимость между мольными долями компонентов рабочего раствора, температурой рабочего раствора, давлением на выходе и на различных расстояниях от выходного сечения струи и временем очистки поверхности. Температура используемого раствора 70–80 °С, давление жидкости на выходе 6–12 атм, соотношение между сечением на выходе (s) и расстоянием его от поверхности (L) соответствует выражению $s/L = 1/(4-6)$. В этих условиях скорость очистки поверхности оптимальная.

При меньших значениях гидравлического давления величина воздействия на отложения недостаточна для преодоления энергии когезии.

Слой, который адсорбирован на поверхности оксидной пленки, как правило, состоит из силикатов, карбонатов, сульфатов, сульфидов, фосфатов. Состав этих отложений близок к составу минералов. По шкале Мооса [3], твердость борацита $[Mg_6B_{14}O_{26}]Cl_2$ составляет 7; в интервале 5–6, 5 твердость: датолита ($CaBSiO_4(OH)$), эпидима ($Ca_2(AlFe)_3[(SiO_4)3OH]$), криноцоизита ($Ca_2Al_2[(SiO_4)3OH]$), авгита ($Ca(Mg,Fe,Al)[(Si,Al)O_3]_2$), ильваита ($CaFe_{22+Fe_3}[(SiO_4)2(OH)]$), анортита ($Ca[Al_2Si_2O_6]$), везувиана ($Ca_3Al_2[(SiO_4)2(OH)_4]$). Удаление подобных минеральных слоев основано на разрушении прежде всего связей между отдельными минералами, поверхностью оксидной пленки. Нами установлено, что воздействие пульсирующей струи наиболее эффективно под углом 35–75° к обрабатываемой поверхности. Учитывая, что твердость отложений по шкале Мооса в интервале 5–7 (твердость чистого железа 4–5) [3], то при использовании гидроудара, давление приходящееся на mm^2 поверхности не должно превышать 1000 Дж. Снижение силы воздействия удаётся достичь за счёт использования поверхностно-активных веществ и температуры. При очистке больших поверхностей важно быстрое удаление частиц, которые удалось отделить от поверхности, так как при падении температуры резко возрастает скорость кристаллизации. Известно, что скорость образования микрокристаллов зависит от вероятности их образования путём флуктуаций и скорости доставки молекул вещества внутри жидкости к поверхности микрокристалла [4]. Из термодинамической теории затвердевания известно, что работа начала кристаллизации – это работа, идущая на создание раздела твердое-жидкость в результате переохлаждения жидкости. Поэтому в разработанном нами способе очистки поверхности предусмотрено устройство по сбору, разделению твердых и жидких компонентов образующейся при очистке суспензии – сепаратор экстрактор.

В результате исследований установлены оптимальные условия очистки больших емкостей после хранения и транспортировки нефтепродуктов от минеральных и нефтесмолопарафиновых отложений.

Результаты исследований использованы в промышленной установке, где применен наиболее эффективный, по нашему мнению, роторный способ очистки внутренних поверхностей рабочих оболочек [5, 6].

Компоновка оборудования [6], для проведения этих работ включает в себя (см. рис. 1):

а) основное оборудование: многосекционная емкость – сепаратор 1 для разделения смеси на воду, нефтепродукт и шлам (мехпримесь) и одновременно для подогрева промывочной воды; насос 3 для откачки нефтепродукта из промежуточной емкости накопителя в емкость для сбора мазута «Заказчику»; насос 7 мембранный пневматический для откачки промывочной воды из зачищаемого резервуара в резервуар-отстойник-сепаратор; насос центробежный 3 для подачи моющей жидкости (техническая вода) на гидромониторы; емкости для приготовления раствора и для сбора нефтепродукта; гидромониторы 5 различной конструкции; набор устройств – регистров для разогрева; компрессор; вентиляторы для проведения дегазации; запорное оборудование 8 и линии соединения.

б) вспомогательное оборудование: оборудование пульта управления; сварочный агрегат; оборудование обвязки; пожарный инвентарь; средства контроля загазованности; средства индивидуальной защиты.

Роторный способ очистки внутренних поверхностей рабочих оболочек реализован в устройстве гидромониторе [6]. Гидромонитор – это роторная гидродинамическая многофункциональная система для очистки емкостей от отложений нефтепродуктов гидродинамическими струйными потоками, истекающими из специально разработанных сопловых насадок.

При освобождении резервуара от высоковязких углеводородов (нефтей, масел) оставшийся остаток включает осажденные из нефтепродуктов механические примеси, парафинистые, асфальто-смолистые, минерализованные загрязнения, воду и отслоившиеся продукты коррозии металла резервуара.

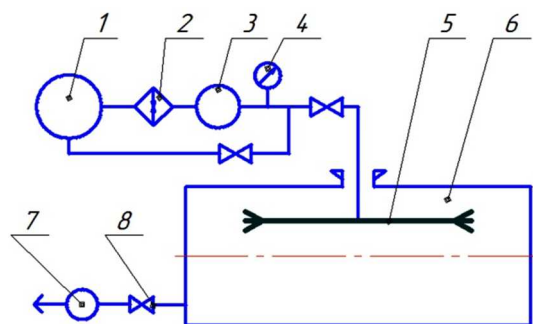


Рисунок 1 – Схема компоновки оборудования при очистке внутренней поверхности емкости от отложений: 1 – емкость-сепаратор; 2 – фильтр; 3 – насос; 4 – манометр; 5 – гидромонитор; 6 – внутренняя поверхность емкости; 7 – насос; 8 – задвижка

При освобождении резервуара от более легких углеводородов (бензины, дизтопливо, керосин), осадок состоит в основном из продуктов коррозии (ржавчины), минеральных загрязнений и воды.

Перед удалением (см. рис. 2) из резервуара вязких, затвердевших технологических остатков производят их разогрев, используя существующие в резервуаре стационарные подогреватели или регистры 3. Регистры, конструкция которых зависит от используемого пара или горячей воды (75–80 °С), помещают в резервуар на поверхность затвердевшего остатка и одним из методов разогрева (водозеркальный и водоструйный) разжижают остаток.

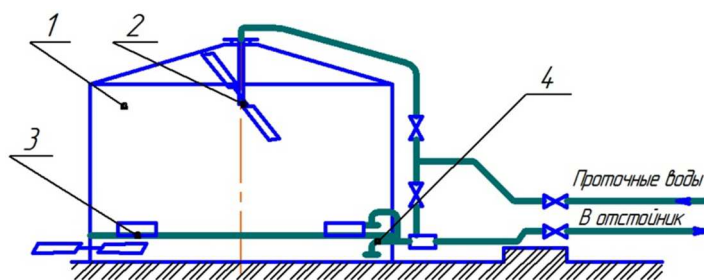


Рисунок 2 – Схема использования гидромониторной установки: 1 – гидромонитор; 2 – резервуар; 3 – стационарные подогреватели или регистры; 4 – насос

Одновременно под давлением 1,0–1,2 МПа и температурой 70–75 °С при помощи гидромонитора 2 по линии подается вода, производя дегазацию внутренней полости резервуара, промывая и дополнительно разогревая наслоения на поверхностях, что сокращает время очистки. Гидромонитор для размыва нефтяных отложений выполнен в виде роторной гидродинамической многофункциональной системы очистки с вращающимися головками с сопловыми насадками, создающими завихрения, что вызывает появление кавитации, усиливающей эффект очистки.

Использование струй гидромонитора для разжижения остатков нефтепродукта в резервуаре допускается после того, как концентрация паров углеводородов в газовой среде резервуара будет не более 2 г/м³ (5 % от нижнего предела взрываемости). Гидромонитор размещен так, чтобы вращающиеся устройства с форсунками могли охватить всю поверхность резервуара изнутри.

Управление установкой осуществляется оператором дистанционно или в автоматическом режиме. Применение установки позволяет поддерживать стенки резервуара в рабочем состоянии. По необходимости в водный раствор добавляется очищающее моющее средство. Под действием раствора осадок размягчается, уменьшается его сила поверхностного натяжения, он уносится моечной жидкостью, образуя с ней неустойчивую эмульсию, которую откачивают из резервуара.

Разжижаемый осадок по трубопроводу из резервуара откачивается помещенным внутрь сосуда (резервуара) мембранным насосом 4 через фланец зачистной задвижки в сепаратор или экстрактор, находящийся на прицепе. Воздух в мембранный насос пода-

ется через задвижку компрессором по линии. В сепараторе поддерживается температура до 75 °С специальными подогревательными элементами-змеевиками в которые подается горячая вода или пар. В качестве загрузающего средства используется гидроэжектор, а также сам мембранный насос. Разжиженная масса попадает в основную емкость сепаратора, где на дне находятся паронагреватели или барботажные трубы. Барботаж паром прекращается после того, как на поверхности воды, находящейся в сепараторе, будет отсутствовать углеводородный продукт.

Когда моющие устройства с форсунками отработают заданный цикл, очищенный резервуар после короткой вентиляции подвергают инспекции [6].

Компоновка оборудования для проведения зачистки зависит от размеров и конструкции резервуара (см. рис. 3). Для исключения чрезвычайных ситуаций связанных с безопасностью проведения работ традиционно на предприятиях нефтегазовой отрасли внутренний объем резервуара заполняют азотом или любым другим инертным газом, что дорого. В нашем случае водная среда, нагретая в сепараторе до 75–80 °С в распыленном состоянии заполняет емкость, испаряется, выходя через открытые люки. Тем самым, проводя дегазацию внутренней части емкости. В процессе очистки соблюдаются существующие регламенты и меры безопасности.

Количество моечных циклов определяется толщиной осадка нефтепродукта на внутренней поверхности резервуара.

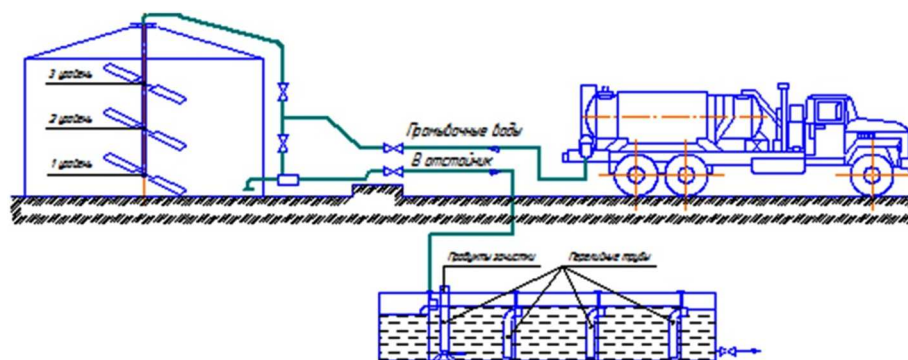


Рисунок 3 – Компоновка оборудования для проведения очистки емкостей

Наиболее оптимальными условиями проведения операций удаления осадков являются:

- поддержание угла встречи промывочной воды с промывочными поверхностями (угол 36–45°);
- скорость перемещения струи промывочной воды по обмываемой поверхности, не превышающая 0,5 м/с;
- шаг между следами струй на поверхности 200–300 мм;
- общий период цикла в пределах 2 ч.

Преимущества метода автоматизированной очистки внутренней поверхности емкостей с помощью предлагаемой установки по сравнению с другими методами:

- работает один оператор – исключается необходимость пребывания персонала внутри резервуара;
- максимальное восстановление углеводородного сырья (возврат потребителю): благодаря процессу сепарации значительно улучшено качество восстановленного нефтепродукта. Это также означает, что процесс утилизации продуктов сведен к минимуму, помогая не загрязнять окружающую среду;
- обеспечение безопасности труда и снижение вреда, наносимого окружающей среде;
- более быстрая очистка: время может быть сокращено на 30–50 % от традиционных технологий;

- мобильность, заключающаяся в размещении оборудования на базе автомобиля, позволяет обрабатывать резервуары с различными видами нефтепродуктов. Мобильность также связана с возможностью более быстрой инспекции резервуаров;
- снижается потребление воды: используются сами продукты рециркуляции для процесса очистки, поэтому не требуется применение чистящих веществ и химикатов;
- сокращается выброс углеводородов в атмосферу благодаря использованию минимального количества чистящих веществ и химикатов, что помогает не загрязнять окружающую среду;
- сокращает ремонтный период;
- очистка производится без повреждения поверхности в отличие от химической и механической очистки;
- предлагаемая технология безвредна по отношению к безопасности жизнедеятельности, в отличие от ультразвуковых и химических методов, а также механической очистки;
- рабочей жидкостью может служить техническая вода как с использованием химических реагентов, так и без них;
- вращающиеся устройства с соплами с большим радиусом действия работают при низком давлении и обеспечивают эффективность процесса очистки точно индексированным следом. Фактически, устройства для очистки резервуаров, работающие при низком давлении в 5–8 бар, оказываются более выгодными в отношении использования количества воды и времени, чем традиционные системы высокого давления, работающие при 100–1000 бар.

При проектировании и усовершенствовании установки были приняты во внимание не только базовые функции очистки (такие как качество, быстродействие, надежность), но и требования, предъявляемые экологическими службами в настоящее время. В частности, это требования снизить выброс углеводородов и сократить или совсем исключить необходимость пребывания персонала внутри резервуара во время процесса очистки.

При использовании данного метода очистки выброс углеводорода в атмосферу не превышает даже самых строгих немецких норм, составляющих 0,5 кг углеводорода/м² закрытой площади.

Экономическая эффективность:

- снижены общие затраты на очистку – как прямые, так и косвенные затраты (использование дополнительного резервуара, энергии, потребность в продукции и требования безопасности) на очистку и утилизацию значительно ниже, чем при ручном методе;
- наиболее эффективна технология моющего оборудования и насадок, позволяющая повысить степень полной очистки внутренней поверхности резервуаров до основного металла: полная очистка крыши, стен и дна резервуара.

Использование комплекса для мойки внутренних поверхностей емкостей возможно для любых конструкций резервуаров или сосудов, особенностей технологии, а также качества хранимого продукта.

Научно-техническим центром группы компаний совместно с Куб ГТУ разработан комплект устройств, оборудования и технология для очистки внутренних поверхностей емкостей от отложений [6, 7–10]. Предложенная технология успешно реализована в мобильной установке (см. рис. 3) группой компаний г. Москва.

Литература:

1. Варфоломеев С.Д., Гуревич Г.К. Биокинетика. Практический курс : уч. пособие. – М. : Торговый дом Гранд, Фаир, 1999. – 240 с.
2. Юрпалов И.А., Глущенко В.Н., Рябов В.Г. Оценка растворяющей способности композиций на углеводородной основе по отношению к АСПО при помощи параметра Гильдебранда // Материалы Второго Международного симпозиума «Наука и технология углеводородных дисперсных систем». – Уфа : Реактив, 2000. – Т. 1. – С. 180–190.

3. Рипан Р., Четяну И. Неорганическая химия. – М. : Мир, 1971. – 194 с.
4. Данилин В.Н., Шабалина С.Г. Электрохимия. Кинетика химических реакций и катализ. – Ч. 3. – Краснодар, 2001. – С. 98.
5. Ладенко А.А., Родионов В.П. Современные технологии ремонта и очистки резервуаров от отложений нефтепродуктов : учебное пособие / Кубанский государственный технологический университет. Армавирский технологический институт. – Армавир : Изд-во АМТИ, 2007. – 140 с.
6. Ладенко А.А. Разработка установки для гидродинамической очистки внутренних поверхностей емкостей от отложений при капитальном ремонте оборудования нефтепромыслов : автореф. дис. ... канд. техн. наук. ДС ДМ 212.100.08 / ФГБОУ ВПО «Куб ГТУ». – Изд-во АМТИ, 2011. – 24 с.
7. Ладенко А.А. Гидравлические струи при эксплуатации добычи нефти : монография / Кубан. гос. технол. ун-т, Армавир. мех-техн. ин-т. – Армавир : РИО АГПУ, 2018. – 169 с.
8. Ладенко А.А., Родионов В.П., Ладенко Н.В. Супергидрокавитационная технология очистки систем водоотведения // Энергосбережение и водоподготовка. № 5. – М. : Изд-во «Сам Полиграфист», ООО «ЭНИВ», 2016. – С. 77–80.
9. Ладенко А.А. Супергидрокавитационная технология очистки // Булатовские чтения : материалы I Международной научно-практической конференции. Сборник статей. В 5 т. / Под ред. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – Т. 4. – С. 61–63.
10. Ладенко А.А. Очистка от отложений солей // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2. – Ч. 1. – С. 216–218.

Literature:

1. Varfolomeev S.D., Gurevich G.K. Biokinetics. Practical course : tutorial. – М. : Grand Trading House, Fair, 1999. – 240 p.
2. Yurpalov I.A., Gluschenko V.N., Ryabov V.G. Evaluation of the solubility of hydrocarbon-based compositions with respect to ARPD using the Hildebrand parameter // Proceedings of the Second International Symposium «Science and Technology of Hydrocarbon Dispersed Systems». – Ufa : Reactive, 2000. – V. 1. – P. 180–190.
3. Ripan R., Chetianu I. Inorganic Chemistry. – М. : Mir, 1971. – 194 p.
4. Danilin V.N., Shabalina S.G. Electrochemistry. Kinetics of chemical reactions and catalysis. – Part 3. – Krasnodar, 2001. – P. 98.
5. Ladenko A.A., Rodionov V.P. Modern technologies of repair and cleaning of tanks from deposits of oil products : a training manual / Kuban State Technological University. Armavir Technological Institute. – Armavir : Publishing house of AMTI, 2007. – 140 p.
6. Ladenko A.A. Development of an installation for hydrodynamic cleaning of the internal surfaces of the tanks from deposits during the overhaul of the oilfield equipment : doctoral thesis. ... Cand. of Sci. DSM 212.100.08 / Federal State Budgetary Educational Inst. of Higher Professional Education «Kuban State Technical University». – Publishing house of AMTI, 2011. – 24 p.
7. Ladenko A.A. Hydraulic jets when operating oil production : monograph / Kuban State Technological University, Armavir. mechanical engineering institute. – Aravir : RIO AGPU, 2018. – 169 p.
8. Ladenko A.A., Rodionov V.P., Ladenko N.V. Superhydrocavitation technology for purification of water disposal systems // Energy Saving and Water Treatment. № 5. – М. : Publishing house «Sam Polygraphist», LLC «ENIV», 2016. – P. 77–80.
9. Ladenko A.A. Superhydrocavitation cleaning technology // Bulatov readings : materials of the I International Scientific and Practical Conference. Collection of articles. In 5 vol. / Ed. by O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2017. – V. 4. – P. 61–63.
10. Ladenko A.A. Cleaning from salt deposits // Bulatov readings. – 2018. – V. 2-1. – P. 216–218.

ПОТРЕБИТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

CONSUMERS OF ELECTRIC ENERGY IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

Ладенко Александра Александровна

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
saha-ladenko@yandex.ru

Ладенко Николай Васильевич

кандидат технических наук,
доцент кафедры «ЭиЭМ»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
lad-kolya@yandex.ru

Аннотация. В статье проводится анализ существующих погружных электродвигателей. Определены их особенности, достоинства и недостатки.

Ключевые слова: анализ, электродвигатели, оборудование, особенности, конструкция, возобновляемость.

Ladenko Alexandra Aleksandrovna

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the department «Machines and equipment of oil and gas fields»,
Institute of «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
saha-ladenko@yandex.ru

Ladenko Nikolay Vasilyevich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department «E&EM»,
Institute of «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
lad-kolya@yandex.ru

Annotation. The article analyzes the existing submersible electric motors. Their features, advantages and disadvantages are determined.

Keywords: analysis, electric motors, equipment, features, design, renewable energy.

Основными производителями и поставщиками энергоресурсов, а также крупным потребителем электроэнергии является нефтегазовая отрасль промышленности.

Энергоемкими считаются технологические процессы добычи и транспорта углеводородного сырья.

Экономия электроэнергии на 25–35 % достигается при оснащении технологических установок регулируемым электроприводом.

За счет полного внедрения регулируемого электропривода отрасль может снизить удельную энергоемкость своих газопроводов на 30–50 %, т.е. будет соответствовать уровню, достигнутому в передовых зарубежных нефтедобывающих компаниях.

Современную буровую установку следует рассматривать как комплекс сооружений, агрегатов, механизмов, обеспечивающих систем и инструмента, предназначенных для выполнения различных функций скважины. Основной функцией строительства является бурение и закачивание скважины; при этом установка выполняет ряд технологических процессов, состоящих из многочисленных производственных операций.

В состав операций при спуске-подъеме инструмента входят циклы перемещения свечей колонны бурильных труб (КБТ), перемещение утяжеленных бурильных труб, ведущей трубы и компоновки низа КБТ.

В [1, 3, 4] приведены основные технические характеристики установок эксплуатационного и глубокого разведочного бурения по ГОСТ 16293-82 для электрифицированных районов. Тип буровой установки определяется рядом факторов: категорией скважины, целью, условиями, способом и технологией бурения, геологическими условиями. Эффективность использования бурильной установки зависит от рационального выбора параметров, характеристик машин и агрегатов, а также набора средств, объединенных понятием электротехнический комплекс (ЭТК), [2] определяющим производительность установки.

Основные (ротор, буровые насосы, спускоподъемный агрегат) и вспомогательные механизмы буровой установки приводятся в действие силовым приводом, который может быть автономным (независимым от энергосистемы) и неавтономным (с питанием от сетей энергосистем). При автономном приводе основных механизмов вспомогательные механизмы оснащаются индивидуальными электроприводами. Основой для классификации является привод основных механизмов. Унификация ЭТК на установках одного класса с автономным и неавтономным энергоснабжением свидетельствует о целесообразности классификации установок по виду привода основных механизмов (дизельный или электрический) независимо от наличия или отсутствия источника централизованного энергоснабжения [4].

Электротехнический комплекс буровой установки представляет собой совокупность систем, обеспечивающих выработку, распределение, преобразование, использование электрической энергии и управление всеми указанными подсистемами для механизации и автоматического управления технологическим процессом проводки скважин.

Буровой насос служит для создания циркуляции промысловой жидкости, очищающей забой и передающей энергию турбине при турбинном способе бурения. В бурении в основном применяются поршневые насосы со сменными цилиндрическими втулками, позволяющие в определенных пределах изменять подачу насоса при постоянном числе ходов поршней в минуту. При неизменных глубинах бурения, конструкции скважины и бурильной колонны, а также качестве бурового раствора момент на приводном валу бурового насоса связан параболической зависимостью с частотой вращения его вала. Параметр параболы зависит от конструктивных данных насоса, диаметра применяемой втулки, параметров бурового инструмента и качества прокачиваемой жидкости. [1]

Давление, создаваемое насосом в начале бурения скважины, мало. По мере углубления скважины из-за увеличения гидравлического сопротивления труб возрастает и давление на выходе насоса, которое ограничено прочностью деталей насоса. Вследствие чего с определенной глубины скважины, подачу насоса ограничивают. Оптимальный режим работы насосной установки характеризуется постоянством развиваемой насосами мощности, равной номинальной: $pQ = \text{const}$. [1, 3]

Постоянства мощности можно достигнуть следующим образом.

1. В *нерегулируемом приводе* – применяя цилиндрические втулки разного диаметра. Этот режим работы характеризуется зависимостью подачи Q насоса от давления p на выходе и диаметра втулки D (рис. 1). [1, 3, 4]

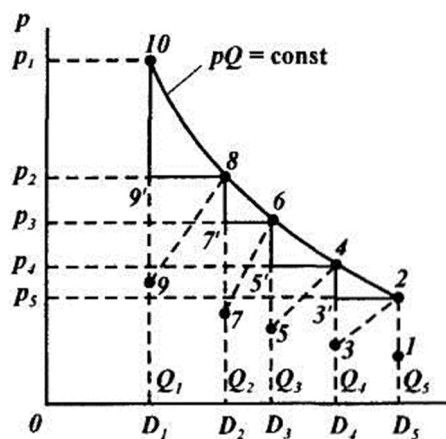


Рисунок 1 – График работы бурового насоса

На графике точки 2, 4, 6, 8, 10 определяют предельное давление, допустимое из условия прочности деталей насоса при различных диаметрах втулок, и соответствуют наиболее полному использованию мощности привода.

2. В *регулируемом приводе* – использованием сначала втулки малого диаметра, а затем по мере повышения давления путем снижения частоты вращения привода сохранить равенство $pQ = \text{const}$.

Иногда увеличение частоты вращения приводного вала насоса не повышает его подачу, так как при этом уменьшается коэффициент подачи насоса. Для получения наибольшей гидравлической мощности потока следует постоянно прокачивать через трубы максимальное количество жидкости, которое позволяет номинальная мощность приводных двигателей и механическая прочность самого насоса.

Действующее на шток бурового насоса усилие прямо пропорционально произведению давления на площадь сечения втулки. На выходе насосов давление повышается по мере углубления скважины и увеличения количества прокачиваемой жидкости. Поэтому, чтобы не превысить допустимое усилие на шток, следует работать с постоянным давлением равным (предельно допустимым). Регулировать подачу насосной установки следует при постоянном моменте.

Режим работы регулируемого привода буровых насосов с постоянным моментом на валу можно проследить по графику на рисунке 2. [1, 3, 4]

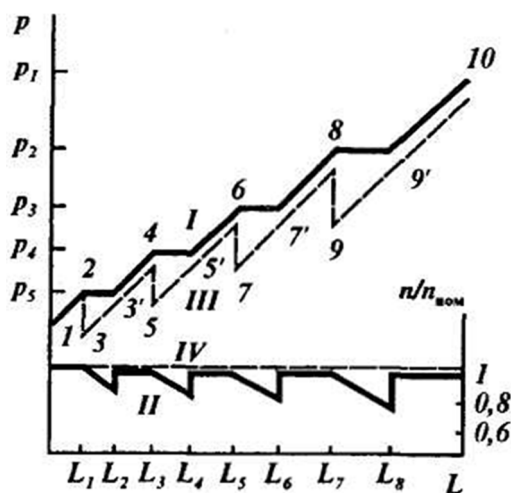


Рисунок 2 – Изменение давления на выходе бурового насоса и скорости привода при регулируемом и нерегулируемом приводе: I – давление при регулируемом приводе; II – частота вращения при регулируемом приводе; III – давление при нерегулируемом приводе; IV – частота вращения при нерегулируемом приводе

Полное использование мощности насосов при регулируемом приводе выражается в том, что при максимальном значении допустимого давления и нагнетательной системе подача насосов может быть выше, чем при нерегулируемом приводе. Благодаря этому при всех видах бурения улучшается очистка забоя, что ведет к увеличению механической скорости бурения, и дает возможность повышения скорости бурения вследствие применения более высокой нагрузки на долото.

Литература:

1. Меньшов Б.Г., Ершов М.С., Яризов А.Д. Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности : учебник для вузов. – М. : ОАО Издательство «Недра», 2000. – 487 с.
2. Ладенко А.А., Стадник В.С., Липулени О.Д.Э. Мониторинг и управление объектами добычи нефти (научная статья) // Особенности развития российского общества: наука, производство, культура : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, преподавателей, посвященной 60-летию Армавирского механико-технологического института. – Армавир, 2019. – С. 111–114.
3. Ладенко А.А., Кунина П.С. Расчет нефтепромыслового оборудования : учебное пособие. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 188 с.
4. Ладенко Н.В., Давыдов С.К. Потребители электроэнергии в нефтегазовой и горнодобывающей промышленности : учебное пособие. – М. : Инфра-Инженерия, 2021. – 316 с.

Literature:

1. Menshov B.G., Yershov M.S., Yarizov A.D. Electrotechnical installations and complexes in the oil and gas industry : Textbook for universities. – М. : JSC Publishing House «Nedra», 2000. – 487 p.
2. Ladenko A.A., Stadnik V.S., Lipuleni O.D.E. Monitoring and management of oil production facilities (scientific article) // Features of the development of Russian society: science, production, culture. Materials of the International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates, Teachers dedicated to the 60th anniversary of the Armavir Institute of Mechanics and Technology. – Armavir, 2019. – P. 111–114.
3. Ladenko A.A., Kunina P.S. Calculation of oilfield equipment : Textbook. – М. : Infra-Engineering, 2019. – 188 p.
4. Ladenko N.V., Davydov S.K. Electricity consumers in the oil and gas and mining industries. Uchebnoe posobie. – М. : Infra-Inzheneriya, 2021. – 316 p.

АНАЛОГИ И ЗАМЕНТЕЛИ СТАЛЕЙ ТРУБНОЙ ПРОДУКЦИИ.

ANALOGUES AND SUBSTITUTES FOR PIPE STEELS**Литвинов Владимир Александрович**

студент 2 курса кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,
Кубанский государственный технологический университет
litvinov.vladimir@mail.ru

Смаглий Артем Игорьевич

студент 2 курса кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,
Кубанский государственный технологический университет
smagly.artem@gmail.com

Аннотация. В настоящей статье выполнен анализ аналогов сталей труб. Стали разделены на две группы: к первой группе отнесены углеродистые и легированные стали; во второй группе нержавеющие стали. По типу представлено разделение материалов для бесшовных труб.

Ключевые слова: сталь, материал, аналог, заменитель, углеродистые и легированные стали, нержавеющие стали.

Litvinov Vladimir Aleksandrovich

2nd year Student of the Department of oil and gaz equipment,
Kuban State University of Technology
litvinov.vladimir@mail.ru

Smagly Artem Igorievich

2nd year Student of the Department of oil and gaz equipment
Kuban State University of Technology
smagly.artem@gmail.com

Annotation. In this Article, analogs of pipe steels are analyzed. They were divided into two groups: group 1 that includes carbon and alloy steels; group 2 that includes stainless steels. By type, the products are divided into seamless pipes.

Keywords: steel, material, analog, substitute carbon and alloy steels, stainless steels.

Таблица аналогов/заменителей бесшовных труб

Российская марка стали	EN марка стали (аналог или заменитель)	EN стандарт	ASTM марка стали (аналог или заменитель)	ASTM стандарт
Углеродистые и легированные стали				
Ст.10	P235GH/1.0345	EN 10216-2	A	ASTM A106
Ст.20	P265GH/1.0425	EN 10216-2	B	ASTM A106
09Г2С	P355NL1/1.0566	EN 10216-3	6	ASTM A333
10Г2	P275NL1/1.0488	EN 10216-3	6	ASTM A333
10Г2А	P275NL1/1.0488	EN 10216-3	6	ASTM A333
12МХ	16Mo3/1.5415	EN 10216-2	P1	ASTM A335

Российская марка стали	EN марка стали (аналог или заменитель)	EN стандарт	ASTM марка стали (аналог или заменитель)	ASTM стандарт
Углеродистые и легированные стали				
15XM	13CrMo4-5/1.7335	EN 10216-2	P11	ASTM A335
1X2M1	10CrMo9-10/1.7380	EN 10216-2	P22	ASTM A335
Нержавеющие стали				
03X17H14M3	X2CrNiMo17-12-2/1.4404	EN 10216-5	TP316L	ASTM A312
04X18H10	X2CrNi19-11/1.4306	EN 10216-5	TP304L	ASTM A312
06X18H10T	X6CrNiTi18-10/1.4541	EN 10216-5	TP321	ASTM A312
08X18H10	X5CrNi18-10/1.4301	EN 10216-5	TP304	ASTM A312
08X18H10T	X6CrNiTi18-10/1.4541	EN 10216-5	TP321	ASTM A312
10X17H13M2T	X6CrNiMoTi17-12-2 /1.4571	EN 10216-5	TP316Ti	ASTM A312
12X18H10T	X6CrNiTi18-10/1.4541	EN 10216-5	TP321	ASTM A312

Литература:

1. EN 10216 Трубы стальные бесшовные для работы под давлением.
2. ASME BPVC-II A-2019 Раздел II: Материалы – Часть А – Спецификации материалов из железа.
3. ГОСТ 8731-74 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические требования (с Изменениями № 2-6).
4. ГОСТ 9940-81 Трубы бесшовные горячедеформированные из коррозионно-стойкой стали. Технические условия (с Изменениями № 1-4).

References:

1. EN 10216 Seamless steel tubes for pressure purposes.
2. ASME BPVC-II A-2019 Section II: Materials – Part A – Ferrous material specifications.
3. GOST 8731-74 Seamless Hot-Deformed Steel Pipes. Technical Requirements (with Revisions Nos. 2-6).
4. GOST 9940-81 Seamless Hot-Deformed Corrosion-Resistant Steel Pipes. Technical Specifications (with Revisions Nos. 1, 2, 3, 4).

**ГИДРОРАЗРЫВ ПЛАСТА – ОДНО ИЗ ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИХ
МЕРОПРИЯТИЙ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИНАХ
ВОСТОЧНО-УРЕНГОЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**HYDRAULIC FACING OF THE FORMATION –
ONE OF THE GEOLOGICAL AND TECHNICAL MEASURES
AT THE PRODUCTION WELLS OF THE VOSTOCHNO-URENGOY
DEPOSIT**

Малышкова Марина Леонидовна

студентка кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
marmal2311@gmail.com

Данчина Яна Владимировна

студентка кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
danchina_yana@mail.ru

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрено одно из геолого-технических мероприятий для повышения газоотдачи пласта и интенсификации притока газа – гидроразрыв пласта на эксплуатационных скважинах Восточно-Уренгойского месторождения.

Ключевые слова: геолого-технические мероприятия, месторождение, гидроразрыв пласта, повышение газоотдачи пласта, интенсификация притока газа.

Malyshkova Marina Leonidovna

Student of department «Equipment of oil and gas fields»,
Kuban state technological university
marmal2311@gmail.com

Danchina Yana Vladimirovna

Student of department «Equipment of oil and gas fields»,
Kuban state technological university
danchina_yana@mail.ru

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Annotation. This article discusses one of the geological and technical measures to increase gas recovery and stimulate gas inflow - hydraulic fracturing at the production wells of the Vostochno-Urengoyskoye field.

Keywords: geological and technical measures, field, hydraulic fracturing, enhancement of gas recovery, intensification of gas inflow.

Анализ технологической эффективности геолого-технических мероприятий по интенсификации притоков и увеличению газоотдачи пластов проводился по эксплуатационным скважинам Восточно-Уренгойского месторождения. На данном месторождении применялись следующие геолог-технические мероприятия: для интенсификации притока газа – гидроперфорация, гидравлический разрыв пласта, обработка призабойной зоны растворами соляной кислоты; для повышения газоотдачи пласта – гидравлический разрыв пласта.

Гидравлический разрыв пласта (ГРП) является наиболее востребованным в мире методом интенсификации и повышения углеводородоотдачи пластов, поскольку приводит не только к интенсификации выработки запасов, находящихся в зоне дренирования скважины, но и при определенных условиях позволяет существенно расширить эту зону, приобщив к выработке слабо дренируемые зоны и пропластки и достичь более высокой конечной углеводородотдачи.

Основными критериями выбора скважин для проведения ГРП являются:

- эффективная нефтенасыщенная толщина должна быть не менее 4 м;
- минимальная толщина глинистых разделов в кровле и подошве должна быть не менее 6 м;
- отсутствие слома или смятия колонны;
- герметичность ствола;
- герметичность цементного кольца в интервале перфорации и на 20 м вверх и вниз от него;
- угол отклонения скважины от вертикали при входе в пласт менее 10 град;
- расстояние до линии нагнетания и ВНК более 400 м;
- текущая обводненность – менее 60%.

Операции ГРП классифицируются по целям применения следующим образом:

- обеспечение гидродинамической связи скважины с системой естественных трещин пласта и расширение зоны дренирования с расчлененными и неоднородными пластами для увеличения темпа отбора извлекаемых запасов, повышения нефтеотдачи за счет вовлечения в активную разработку слабодренируемых зон и пропластков и увеличения охвата пласта воздействием;

- ввод в разработку низкопроницаемых залежей с потенциальной производительностью скважин в 2–3 раза ниже уровня рентабельной добычи и перевод забалансовых запасов в промышленные.

В период с 2004 г. по 2013 г. на Восточно-Уренгойском месторождении в пределах Западно-Ярояхинского ЛПУ провели 24 операции ГРП на 17 скважинах.

Динамика годового объема выполнения операции ГРП приведена на рисунке 1

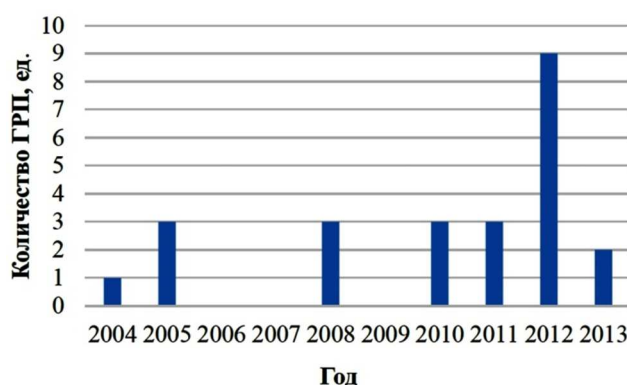


Рисунок 1 – Динамика проведения ГРП по годам

В 8 скважинах в связи с невозможностью освоения после перфорации методами многократной депрессии, при отсутствии притока, получении слабых или резко снижающихся притоков газоконденсата, гидроразрыв пласта производился до ввода скважин в эксплуатацию.

Эффект от проведения мероприятий по интенсификации притока достигается за счет изменения продуктивности скважины. При проведении мероприятий по ГРП производится создание техногенной трещины в пласте, изменяющей гидродинамическую связь между пластом и скважиной, соответственно изменяя и продуктивность скважины. Поэтому наиболее достоверная оценка изменения продуктивности в результате проведения мероприятий по ГРП и будет являться наиболее точной оценкой эффекта от проведения работ по интенсификации притока.

За период с начала разработки на 14 скважинах с ГРП выполнено 33 гидродинамических исследования (ГДИ).

В связи с тем, что исследования с достаточным качеством ГДИ до и после проведения ГРП отсутствуют, выполнение оценки прямого эффекта от проведения мероприятий по изменению продуктивности невозможно.

Для достоверной оценки эффекта от воздействия на пласт необходимо проведение полного комплекса ГДИ скважин до и после проведения каждого ГТМ.

Одним из методов оценки изменения продуктивности скважины, а также определения продолжительности эффекта от проведения ГРП служит анализ динамики изменения технологических режимов работы скважин до и после ГРП по результатам проведения длительной эксплуатации скважин.

В нашем случае, когда более 40 % гидроразрывов проведены в 2012 году, в большинстве случаев можно определить кратковременный эффект от ГРП, продолжительность же технологического эффекта определяется весьма приблизительно.

Оценка эффективности проведения ГРП проводится сравнением условного коэффициента продуктивности скважины (отношение дебита газа и создаваемой на пласт депрессии), вычисленного по данным замеров параметров технологических режимов работы скважины до и после проведения ГРП (рис. 2). Определение продолжительности действия эффекта от выполнения ГРП возможно оценкой времени снижения значения коэффициента продуктивности до значения, определенного до ГРП.

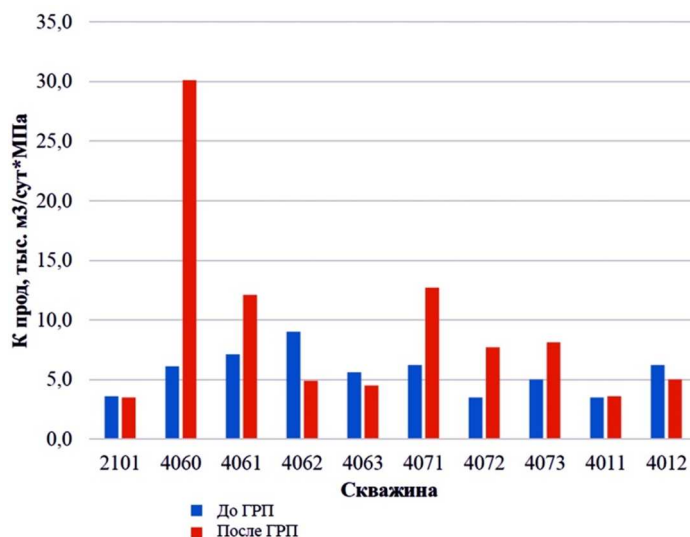


Рисунок 2 – Оценка изменения коэффициента продуктивности скважин в результате ГРП по данным технологических параметров скважин

Согласно исходным данным, представленным ООО «Севернефть-Уренгой», на скважинах эксплуатационного фонда ежемесячно осуществляется проведение замеров устьевых параметров (давления, температуры) и суммарной добычи продукции скважин на УКПГ. Таким образом, дебит скважины в процессе её эксплуатации не замеряется и является расчетным. Кроме того, определение значения забойного давления возможно только с использованием методики расчета по данным параметров работающей

скважины, которая имеет значительную погрешность расчета. Пластовое давление по скважинам использовалось по результатам годовых замеров в соответствующих скважинах, либо данные снимались с карты изобар.

Таким образом, оценка эффективности проведения ГРП по данным технологических режимов работы скважин является приближенной и достаточно условной.

Продуктивность по скважинам изменяется в диапазоне 3,5–9,0 тыс. м³/сут·МПа до ГРП и 3,5–30,1 тыс. м³/сут·МПа после проведения ГРП. Таким образом, кратность изменения условного коэффициента продуктивности составляет 0,5–5,0 раза при среднем значении 1,7.

По скважинам, освоить которые до применения технологии не удавалось, технологические эффекты оценивались как накопленная добыча газа, продолжительность эффекта – как общее время работы скважины.

Таким образом, эффективность проведенных на скважинах ГРП высокая, приблизительное время действия ГРП составляет 24 месяца.

Литература:

1. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.

2. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.

3. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутрипромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.

4. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.

5. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

6. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

7. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

8. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.

9. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы Международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

10. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы Международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.
11. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.
12. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.
13. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.
14. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.
15. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.
16. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.
17. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.
18. Хрупкое разрушение горных пород / В.И. Дунаев [и др.] // Научно-технический журнал «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море». – 2020. – № 6 (330). – С. 18–20.
19. Сухин А.А., Шиян С.И. Анализ методов борьбы с гидратами на Астраханском газоконденсатном месторождении // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 383–392.

Literature:

1. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremichuk R.S. Scientific basis and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.
2. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.] – Novocheerkassk : Publishing House «Lik», 2018. – 292 p.
3. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products at Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3 – P. 266–271.
4. Analysis of actual operating modes of producing wells of Klyuchevoe field and justification of method and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.
5. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.

6. Improving the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [etc.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.
7. Methods of enhanced oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of the field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.
8. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of downhole equipment / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.
9. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries for effective development of energy resources of man-made fields in the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of the International Conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.
10. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskie readings : materials of the International Conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.
11. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in the field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.
12. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.
13. The use of the magnetic-pulse flaw detection to control the state of the wells of double-column structure / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 220–223.
14. The solution of the problem of the negative effect of mechanical impurities in the ESP installations by the example of Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.
15. Development of hydro-jet method of oil recovery / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.
16. Analysis of the causes of hydrate formation during the operation of wells in gas fields / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.
17. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells in a gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.
18. Brittle failure of rocks / V.I. Dunayev [et al.] // Scientific and Technical Journal «Construction of oil and gas wells on land and at sea». – 2020. – № 6 (330). – P. 18–20.
19. Sukhin A.A., Shiyan S.I. Analysis of methods to combat hydrates in the Astrakhan gas condensate field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 383–392.

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНАЯ АРМАТУРА. ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ КЛАПАНЫ

SAFETY VALVES. SAFETY VALVES

Музыкантова Анна Викторовна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Величко Евгений Иванович

кандидат технических наук,
доцент, заведующий кафедрой «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. Трубопроводная арматура является неотъемлемой частью всего процесса транспортирования углеводородного сырья и те расходы, которые связаны с её обслуживанием составляют более 10 % от капитальных вложений и затрат на эксплуатацию.

Ключевые слова: арматура, клапан, пропускная способность, давление.

Muzykantova Anna Viktorovna

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University

Velichko Yevgeny Ivanovich

Associate Professor, Department of equipment for oil and gas fields,
Head of Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University

Annotation. Pipeline fittings are an integral part of the entire process of transportation of hydrocarbon raw materials and the costs associated with its maintenance account for more than 10 % of capital investments and operating costs.

Keywords: fittings, valve, throughput, pressure.

Протяженность магистральных трубопроводов насчитывает сотни километров и это только в нашей стране. Они располагаются в различных широтах и климатических зонах, начиная с тех районов, где вечная мерзлота, заканчивая тропиками. По магистральным трубопроводам транспортируются миллионы тонн в год углеводородов: газ, нефть, различные виды топлива.

Трубопроводная арматура является неотъемлемой частью всего процесса транспортирования углеводородного сырья и те расходы, которые связаны с её обслуживанием составляют более 10 % от капитальных вложений и затрат на эксплуатацию.

Назначение арматуры заключается в управлении потоками жидкостей или газов, транспортируемых по трубопроводам. По принципу действия её подразделяют на три основных класса: запорную, регулируемую и предохранительную.

Запорная арматура необходима для перекрытия потока в трубопроводе, регулирующая – позволяет менять давление и расход, предохранительная – предохраняет трубопровод, сосуды и аппараты от скачков повышения давления среды выше допустимого.

Предохранительный клапан необходим для обеспечения безопасности оборудования, которое работает при повышенном давлении жидкости или газа, это обеспечивается посредством сброса избытка рабочей среды и обеспечивает прекращение сброса при давлении закрытия и восстановления рабочего давления, если эти условия не выполняются, эксплуатируемое оборудование выходит из строя и возможно возникновение аварии. Когда сброс закончен и давление снижено до определенной величины, происходит автоматическое закрытие предохранительного клапана до возникновения аналогичной ситуации с повышенным давлением.

Пропускную способность предохранительного клапана можно определить количеством сбрасываемого в единицу времени продукта через полностью открытый клапан, но в момент срабатывания клапана устранение причины, вызвавшей повышение давления не всегда бывает возможным. В этот момент насосная или компрессорная установка работает, и подача продукта в сосуд или трубопровод не прекращается, пропускная способность клапана, в этот момент, должна быть выше или равна производительности данной установки, это нужно для того, чтобы сброс продукта превосходил поступление. Если предельные значения избыточного давления при открытом предохранительном клапане выше, значит, клапан подобран неправильно.

Предохранительные клапаны являются важными элементами технологических установок в связи с этим требования для их выбора очень высоки: 1) клапан должен срабатывать безотказно; 2) когда клапан открыт его пропускная способность не должна находиться на таком уровне, чтобы давление в системе не увеличивалось; 3) клапан должен закрываться, если давление снижается ниже рабочего; 4) герметичность клапана должна сохраняться в закрытом состоянии.

Своевременное срабатывание предохранительного клапана является обязательным условием для эксплуатации качественного и правильно подобранного клапана, что в свое время поможет сохранить оборудование в рабочем состоянии и предотвратить аварийную ситуацию.

Литература:

1. Величко Е.И., Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.

3. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.

4. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.

5. Величко Е.И., Музыкантова А.В., Иноземцев Д.А. Возникновение отказов энергетического оборудования нефтегазовой отрасли в зависимости от периода его эксплуатации // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 23–28.

6. Принципы построения и структура системы диагностического обслуживания газоперекачивающих агрегатов / Д.А. Иноземцев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 148–151.

7. Величко Е.И., Иноземцев Д.А. Роль параметрической диагностики в общей системе определения текущего технического состояния газоперекачивающих агрегатов // Проблемы геологии, разработки и эксплуатации месторождений и транспорта трудноизвлекаемых запасов углеводородов : материалы Всероссийской научно-технической конференции (с международным участием). – 2021. – С. 238–241

8. Формирование математической модели спектра вибрации, отражающей повреждения элементов подшипника качения роторных агрегатов / Е.И. Величко [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 6 (330). – С. 27–32.

9. Влияние отложений на лопатках на работу нагнетателя газоперекачивающего агрегата / П.С. Кунина [и др.] // Нефть. Газ. Новации. – 2018. – № 5. – С. 55–57.

Literature:

1. Velichko E.I., Kesova E.F., Inozemtsev D.A. Analysis of features and calculation of multiplier gears // REFERATOTECH : Proceedings of International scientific-practical conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.

3. Failures revealed by the method of GTE diagnosis by thermogasdynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Science. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.

4. Inozemtsev D.A., Tereschenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnostics of gas compressor units // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.

5. Velichko E.I., Muzykantova A.V., Inozemtsev D.A. The Occurrence of Failures of Power Equipment of Oil and Gas Industry Depending on the Period of Operation // Nauka. New generation. Success : Materials of International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 23–28.

6. Principles of construction and structure of diagnostic maintenance system of gas compressor units / D.A. Inozemtsev [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 148–151.

7. Velichko E.I., Inozemtsev D.A. The role of parametric diagnostics in the overall system of determining the current technical state of gas compressor units // Problems of geology, development and operation of fields and transport of hard-to-recover hydrocarbon reserves : Proceedings of All-Russian Scientific and Technical Conference (with international participation). – 2021. – P. 238–241

8. Formation of a mathematical model of the vibration spectrum reflecting the damage to the rolling bearing elements of rotor units / E.I. Velichko [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 6 (330). – P. 27–32.

9. Influence of deposits on blades on operation of a gas pumping unit blower / P.S. Kuningina [et al.] // Neft. Gas. novation. – 2018. – № 5. – P. 55–57.

АРМАТУРА РЕЗЕРВУАРОВ. КЛАПАНЫ

TANK FITTINGS. VALVES

Музыкантова Анна Викторовна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Величко Евгений Иванович

кандидат технических наук,
доцент, заведующий кафедрой «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. Одним из главных назначений арматуры является прием и раздача из резервуара углеводородов при хранении, а также немаловажно и то, что арматура предохраняет резервуар от разрушения и деформации из-за высокого давления или вакуума.

Ключевые слова: резервуар, арматура, предохранительный клапан, затвор, давление.

Muzykantova Anna Viktorovna

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University

Velichko Yevgeny Ivanovich

Associate Professor, Department of equipment for oil and gas fields,
Head of Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University

Annotation. One of the main purposes of the valve is the reception and distribution of hydrocarbons from the reservoir during storage, as well as a lot-it is also important that the valve protects the tank from destruction and de-formation due to high pressure or vacuum.

Keywords: reservoir, fittings, safety valve, gate, pressure.

В зависимости от типа применяемого резервуара, его назначения и вида продукта хранения зависит и конструкция арматуры. Резервуары можно разделить по виду хранимых нефтепродуктов на две группы: для светлых нефтепродуктов и для темных нефтепродуктов. И на всех резервуарах предусмотрена специализированная арматура.

В результате колебания температурных режимов в течении дня, из резервуара выходит смесь пара и воздуха или в него входит атмосферный воздух, происходит увеличение или уменьшение газового пространства резервуара и это явление называется «малым дыханием». Следующее явление наблюдается при выполнении приемо-раздаточных работ, когда из резервуара выходит паровоздушная смесь или входит атмосферный воздух это называется «большими дыханиями» резервуара.

Для обеспечения «больших и малых дыханий» используют дыхательные клапаны, которые должны обеспечивать работу резервуара в заданных пределах, где максимальным давлением считается 200 мм вод. ст., а вакуум 40 мм вод. ст. Если эти параметры превышены затвор дыхательного клапана резервуара открывается автоматически, как только показатели выравниваются затвор закрывается так же автоматически.

В случае выхода из строя дыхательного клапана, при сверхдопустимом повышении давления в резервуаре, устанавливается предохранительный клапан. Установленное давление для предохранительных клапанов должно быть выше параметров дыхательного клапана на 5–10 %, внутреннего давления вакуума. В качестве предохранительных клапанов используют гидравлические клапаны, они работают совместно с дыхательными механическими клапанами. Их используют при подключении бытового и промышленного оборудования, работающего с высоким давлением.

Литература:

1. Величко Е.И. Совершенствование методов диагностики промышленного оборудования, обеспечивающих сокращение потерь скважинной продукции, с целью повышения его эффективности : дисс. ... канд. техн. наук / Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2010.

2. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.

3. Степанов М.С., Величко Е.И. Анализ причин выхода из строя центробежных нагнетателей // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2021. – № 7 (343). – С. 20–23.

4. Величко Е.И., Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.

5. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.

6. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.

7. Традиционные методы охлаждения камер сгорания ГТУ / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 236–238.

8. Иноземцев Д.А., Степанов М.С. Современные сооружения системы транспорта и хранения углеводородного сырья как объекты технического диагностирования // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 141–144.

9. Степанов М.С., Величко Е.И. Образование соляных отложений в проточной части нагнетателя / REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 121–123.

10. Stepanov M.S., Bunyakin A.V. Diagnostics of sediment occurrence in interblade channel of injector impeller of gas compressing station by changes of gas flow and torque // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 459 (Int. Science and

Technology Conf. «EarthScience», Russky Island, 10–12 dec.). – DOI: 10.1088/1755-1315/459/5/052081

11. Дубов В.В., Поляков А.В., Степанов М.С. Оценка технического состояния аппаратов сбора и подготовки продукции скважин, отработавших срок службы на территории Краснодарского края // Нефть. Газ. Новации. – 2014. – № 5 (184). – С. 32–35.

12. Особенность контроля ультразвуковыми методами оборудования с транспортируемой или хранимой средой / П.С. Кунина [и др.] // Нефтегазовое дело. – 2018. – Т. 16. – № 1. – С. 62–70.

Literature:

1. Velichko E.I. Improvement of diagnostic methods of field equipment, providing reduction of losses of well products in order to improve its efficiency : dissertation. Candidate of Technical Sciences / Kuban State Technological University. – Krasnodar, 2010.

2. Inozemtsev D.A., Tereschenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnosing gas compressor units // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.

3. Stepanov M.S., Velichko E.I. Analysis of the causes of failure of centrifugal blowers // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2021. – № 7 (343). – P. 20–23.

4. Velichko E.I., Kesova E.F., Inozemtsev D.A. Analysis of features and calculation of multiplier gears // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.

5. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.

6. Failures detected by the method of GTE diagnosing by thermogasdynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.

7. Traditional methods of cooling GTU combustion chambers / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Materials of II International scientific-practical conference: in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 236–238.

8. Inozemtsev D.A., Stepanov M.S. Modern constructions of hydrocarbon raw materials transportation and storage systems as objects of technical diagnostics // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 141–144.

9. Stepanov M.S., Velichko E.I. Formation of salt deposits in the flowing part of a supercharger / REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 2. – P. 121–123.

10. Stepanov M.S., Bunyakin A.V. Diagnostics of sediment occurrence in interblade channel of injector impeller of gas compressing station by changes of gas flow and torque // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 459 (Int. Science and Technology Conf. «EarthScience», Russky Island, 10–12 December). – DOI: 10.1088/1755-1315/459/5/052081.

11. V.V. Dubov, A.V. Polyakov, M.S. Stepanov. Evaluation of Technical State of Gathering and Preparation Devices for Production of Wells, which Expired their Service Life in Krasnodar Territory // Oil. Gas. novation. – 2014. – № 5 (184). – P. 32–35.

12. Feature of control by ultrasonic methods of equipment with transported or stored medium / P.S. Kunina [et al.] // Neftgazovoye delo. – 2018. – V. 16. – № 1. – P. 62–70.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

EFFICIENCY OF THE APPLICATION OF GEOLOGICAL AND TECHNICAL MEASURES IN THE DEVELOPMENT OF DEPOSITS

Муравлева Мария Васильевна

аспирант направления подготовки 05.06.01 «Науки о земле»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
masha.murawlewa@gmail.com

Устюжанин Максим Викторович

студент направления подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
kerberkronus@gmail.com

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Кусова Лизавета Геннадиевна

ученица 11А класса,
МБОУ лицей № 4 г. Краснодара
kusovalisa@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные виды геолого-технических мероприятий, проводимых на различных этапах разработки месторождений. Рассмотрены способы оценки экономической эффективности проведенного комплекса мероприятий.

Ключевые слова: месторождение, геолого-технические мероприятия, гидравлический разрыв пласта, обработка призабойной зоны, оценка эффективности, экономический эффект, инвестиционный проект.

Muravleva Maria Vasilievna

Postgraduate Student training direction 05.06.01 «Earth sciences»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
masha.murawlewa@gmail.com

Ustyuzhanin Maxim Viktorovich

Student training direction 21.04.01 « Oil and gas business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
kerberkronus@gmail.com

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Kusova Lizaveta Genadievna

Pupil of 11A class,
Lyceum № 4 of Krasnodar
kusovalisa@gmail.com

Annotation. This article discusses the main types of geological and technical measures carried out at various stages of field development. The methods of assessing the economic efficiency of the carried out complex of measures are considered.

Keywords: field, geological and technical measures, hydraulic fracturing, bottomhole treatment, efficiency assessment, economic effect, investment project.

Геолого-технические мероприятия (ГТМ) – это комплекс мер, проводимый на скважинах с целью регулирования разработки месторождений, поддержания целевых уровней добычи нефти и получения дополнительной прибыли недропользователем. С помощью геолого-технических мероприятий нефтедобывающие предприятия обеспечивают выполнение проектных показателей разработки месторождений.

Геолого-технические мероприятия отличаются от прочих мероприятий на нефтяных скважинах тем, что в результате реализации этих мероприятий предприятия получают прирост добычи нефти.

Все работы в скважине подразделяются на капитальный и подземный (текущий) ремонты, при этом:

– к капитальному ремонту относятся работы, связанные с изменением объекта эксплуатации скважин, креплением рыхлых коллекторов, восстановлением герметичности обсадной колонны и ликвидацией ее деформации, зарезкой второго ствола, ограничением притоков пластовых, закачиваемых вод и вод из пластов-обводнителей, с ловильными и другими аналогичными работами с подземным оборудованием;

– к подземному (текущему) ремонту относятся работы, связанные с переводом скважин с одного способа эксплуатации на другой, с обеспечением заданного технологического режима работы подземного эксплуатационного оборудования, изменением режимов работы и сменой этого оборудования, очисткой ствола скважины и подъемных труб от песка, парафина и солей.

В большинстве случаев ГТМ относятся к капитальному ремонту скважин. Хотя в некоторых компаниях определенные виды текущего ремонта также могут учитываться как ГТМ (например, смена скважинного насоса с меньшей производительностью на насос с большей производительностью).

Геолого-технические мероприятия проводятся на всех этапах разработки месторождений, наиболее интенсивно – на поздних стадиях. На зрелых месторождениях с падающей добычей и растущей обводненностью проведение ГТМ особенно актуально.

Подбор эффективных геолого-технических мероприятий на каждом нефтяном месторождении – одна из основных задач геологической службы предприятия. Как правило, мероприятия ГТМ планируются ежегодно при подготовке бизнес-плана нефтедобывающего предприятия, затем ежемесячно уточняются и корректируются.

Каждая нефтедобывающая компания имеет собственные стандарты по отношению к ГТМ тех или иных мероприятий, проводимых на скважине, тем не менее, обычно к ГТМ относятся следующие виды:

1. Гидравлический разрыв пласта (ГРП)

Цель гидроразрыва пласта – увеличение проницаемости призабойной зоны путем создания искусственных или расширения естественных трещин в породе пласта. Достигают этого путем закачки в пласт вязких жидкостей с большим расходом и под большим давлением (выше давления разрыва пород). В образованные трещины жидкостями разрыва транспортируется зернистый материал, закрепляющий трещины в раскрытом состоянии после снятия избыточного давления.

2. Обработка призабойной зоны (ОПЗ)

Наиболее широко применяемый вид ГТМ. Технологии воздействия на призабойную зону пласта очень разнообразны. Чаще всего проводят ОПЗ различными кислотными составами. Для карбонатных коллекторов и коллекторов с повышенным содержанием карбонатного цемента наиболее часто используют закачку кислотных составов на основе соляной кислоты. Для терригенных коллекторов - закачку кислотных составов на основе плавиковой кислоты.

3. Перевод на вышележащий горизонт (ПВЛГ)

Как правило, разработку месторождения начинают с нижних продуктивных пластов. По мере их истощения скважины переводят на вышележащие продуктивные пласты, не охваченные разработкой.

4. Одновременно-раздельная эксплуатация (ОРЭ)

Согласно Правилам охраны недр (ПБ 07-601-03) следует вести раздельный учет продукции по каждому объекту разработки. Это необходимо для того, чтобы можно было отследить выработку запасов по каждому объекту и оценить достигнутый коэффициент извлечения нефти (КИН). Если нижележащий продуктивный горизонт далек от истощения, а выше него существует еще один нефтенасыщенный пласт, выделенный в отдельный объект разработки, то применяют специальное оборудование, позволяющее в одной скважине одновременно эксплуатировать разные объекты разработки с раздельным учетом продукции по каждому объекту.

5. Бурение боковых стволов (зарезка боковых стволов)

Бурение боковых стволов из существующих скважин – эффективный способ капитального ремонта и реконструкции скважин. Технология особенно эффективна для месторождений на поздней стадии разработки.

6. Ремонтно-изоляционные работы (РИР)

Ремонтно-изоляционные работы осуществляются с целью ликвидации негерметичностей эксплуатационной колонны и ограничения водопритока в скважину. РИР могут осуществляться различными тампонирующими материалами (цементом, жидким стеклом), установкой пластыря или пакерами (например, двухпакерными компоновками). Особенность этого вида ГТМ в том, что эффективность проведенных работ заключается скорее не в получении дополнительной добычи нефти, а в снижении содержания воды в продукции скважины. Помимо вышеперечисленных, существуют и другие виды ГТМ. Например, вывод из бездействия, вывод из консервации, реперфорация, дострел, оптимизация ГНО.

ГТМ проводятся также и на нагнетательном фонде скважин. На нагнетательных скважинах проводят работы по очистке забоя скважины, обработке призабойной зоны с целью увеличения приемистости и/или выравнивания профиля приемистости, работы по ликвидации непроизводительной закачки (негерметичности эксплуатационных колонн, заколонных перетоков).

С целью оценки эффективности ГТМ скважины делят по степени реакции на проведенные работы. Отреагировавшей считается скважина, на которой в результате проведенных мероприятий получен положительный эффект или дополнительная добыча нефти. Соответственно, скважина, на которой получен отрицательный эффект, считается не отреагировавшей на ГТМ. На практике используют подход, при котором оценивают только положительно отреагировавшие скважины.

Если по отдельной добывающей скважине участка воздействия имеет место положительный эффект, то его продолжительность рассчитывается до того момента, пока фактическая добыча нефти не снизится ниже базового уровня. Если по скважине имеет место отрицательный эффект, либо сразу после проведения ГТМ, или после кратковременного положительного эффекта, то расчет эффекта прекращается. Таким образом, рассчитывается только положительная составляющая эффекта.

Абсолютная дополнительная добыча нефти, полученная после применения ГТМ, оценивается общим эффектом, представляющим сумму эффекта за счет проведения ГТМ и эффекта за счет изменения коэффициента эксплуатации скважин. Эффективными считаются ГТМ, имеющие положительный эффект от их проведения. При этом эффективными могут быть ГТМ, обеспечивающие не только прирост добычи нефти, но и снижение темпа ее падения. Более приоритетными считаются ГТМ, имеющие положительный эффект от их проведения и положительный эффект за счет снижения обводненности продукции. Помимо указанных показателей эффективности рассчитываются объем дополнительно добытой попутной воды, дебиты нефти и жидкости, обводненность продукции, темп снижения дебита нефти до и после проведения ГТМ.

Основным критерием эффективности ГТМ являются достигнутый в ходе их проведения экономический эффект. Для повышения точности оценки каждый комплекс мероприятий целесообразно выделять в отдельный инвестиционный проект, это позволяет оценить экономическую эффективность каждого вида ГТМ в отдельности и позволяет провести сравнение с другими его видами. По результатам оценки возможно перераспределение средств между проектами с разной экономической эффективностью, то есть приостановка менее эффективных в пользу более эффективных.

На начало отчетного периода, в зависимости от состояния скважин по фонду (на которых планируется ГТМ), все проекты делятся на три группы.

Первая группа – это инвестиционные проекты, направленные на поддержание базовой добычи нефти. Базовый уровень добычи нефти обеспечивается следующими геолого-техническими мероприятиями на действующем фонде скважин и скважин текущего бездействия:

- ликвидация текущих аварий;
- ликвидация негерметичности эксплуатационных колонн скважин;
- текущие ремонты, связанные с ремонтом скважин различного способа эксплуатации.

Вторая группа – это инвестиционные проекты, направленные на прирост добычи нефти. К данным проектам относятся все остальные виды ГТМ, включая мероприятия на действующем фонде.

Третья группа – безальтернативные инвестиционные проекты, к которым можно отнести:

- обследование технического состояния эксплуатационных колонн;
- капитальные и текущие ремонты нагнетательных скважин;
- капитальные ремонты, связанные с консервацией и ликвидацией скважин.

В заключение хотелось бы отметить, что при оценке целесообразности ГТМ необходимо использовать следующий принцип: сначала необходимо определить базовую добычу, т.е. уровень добычи нефти без применения метода, далее целесообразно сравнить базовую добычу исследуемого месторождения с уже известными данными по аналогичному месторождению. Такой подход поможет исключить низкоэффективные методы ГТМ, что будет способствовать повышению общего экономического эффекта нефтедобычи.

Особенно важен выбор и реализация наиболее эффективных проектов применения ГТМ в каждом конкретном случае, как в экономическом, так и экологическом плане. Проводя ГТМ в любом виде необходимо сопоставлять эффект от их применения с ущербом, наносимым экологии, а также заложить в проект необходимые средства на его устранение.

Литература:

1. Березовский Д.А., Савенок О.В. Анализ осложнений при эксплуатации газовых месторождений на завершающей стадии и разработка метода прогнозирования состоя-

ния пород-коллекторов на основе методов междисциплинарного моделирования // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 1. – С. 26–34.

2. Ладенко А.А., Савенок О.В. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений. – М. : Инфра-Инженерия, 2020. – 244 с.

3. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.

4. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы под-держания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.

5. Шиян С.И., Березовский Д.А. Анализ экономической и техноло-гической эффективности эксплуатации боковых стволов на Красновском газонефтяном месторождении // Наука и техника в газовой промышленности. – 2020. – № 3 (83). – С. 26–37.

6. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутрипромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.

7. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.

8. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.

9. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

10. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

11. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

12. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

13. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

14. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

15. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

16. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

17. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

18. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

19. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

20. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

Literature:

1. Berezovsky D.A., Savenok O.V. Analysis of complications during the operation of gas fields at the final stage and the development of methods for predicting the state of reservoir rocks based on methods of interdisciplinary modeling // Nauka. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2014. – № 1. – P. 26–34.

2. Ladenko A.A., Savenok O.V. Theoretical bases of oil and gas fields development. – M. : Infra-Engineering, 2020. – 244 с.

3. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and prospects for the development of Lebedinsky gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.

4. Shiyani S.I., Skiba A.S. Technology of reservoir pressure maintenance system regulation at Abino-Ukrainskoye field // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 279–288.

5. Shiyani S.I., Berezovsky D.A. Analysis of economic and technological efficiency of operation of sidetracks in Krasnovskoye gas and oil field // Science and Technology in the gas industry. – 2020. – № 3 (83). – P. 26–37.

6. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products on Nekrasovskoye gas-condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.

7. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoye field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.

8. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of the used downhole equipment / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.

9. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.

10. Improving the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.
11. Methods of enhanced oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of the field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.
12. Methods to combat hydrate formation in the operation of wells in a gas field / S.I. Shiyani [et al.] // Nauka. New generation. Success : the materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.
13. Shiyani S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.
14. Shiyani S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskie readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.
15. Development of hydro-jet method of oil recovery / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.
16. Analysis of the causes of hydrate formation during the operation of wells in gas fields / S.I. Shiyani [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.
17. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.
18. Kovalenko D.R., Shiyani S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.
19. Application of magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of dual-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.
20. The solution of the problem of the negative effect of mechanical impurities in the ESP installations on the example of the Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН НА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY DURING THE OPERATION OF WELLS IN OIL AND GAS FIELDS

Муравлева Мария Васильевна

аспирантка направления подготовки 05.06.01 «Науки о земле»,
Кубанский государственный технологический университет
masha.murawlewa@gmail.com

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Кочканын Адэлина Вачегановна

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
kochkanyan_av@mail.ru

Крылов Кирилл Алексеевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
kirillkirilov0220@mail.ru

Немеренко Дарья Владимировна

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
dnemerenko1@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается рабочее место оператора по добыче нефти и газа, расположенное в полевых условиях. Условия труда операторов ДНГ характеризуются воздействием комплекса вредных производственных факторов, включающих производственный шум, тяжесть труда, напряженность трудового процесса.

Ключевые слова: экологическая безопасность, вредное воздействие, эксплуатация скважин, защита окружающей среды, влияние вредного фактора, загрязнение почвы.

Muravleva Maria Vasilievna

Postgraduate Student training direction 05.06.01 «Earth sciences»,
Kuban state technological University
masha.murawlewa@gmail.com

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Kochkanyan Adelina Vacheganovna

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
 Institute of Oil, Gas and Energy,
 Kuban state technological university
 kochkanyan_av@mail.ru

Krylov Kirill Alekseevich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
 Institute of Oil, Gas and Energy,
 Kuban state technological university
 kirillkirilov0220@mail.ru

Nemerenko Darya Vladimirovna

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
 Institute of Oil, Gas and Energy,
 Kuban state technological university
 dnemerenko1@mail.ru

Annotation. This article discusses the workplace of an oil and gas production operator located in the field. Operator's working conditions are characterized by the impact of a complex of harmful production factors including industrial noise, the severity of labor, and the intensity of the labor process.

Keywords: environmental safety, adverse effect, well operation, environmental protection, influence of harmful factors, soil pollution.

Н а сегодняшний день проблема экологической безопасности на нефтегазовых месторождениях является очень актуальной.

При обслуживании скважин необходимо соблюдать требования по защите окружающей среды, условия землепользования, установленные законодательством по охране природы, СНиП 12-01-2004.

В таблице 1 приведено воздействие вредных факторов на окружающую среду и природоохранные мероприятия.

Таблица 1 – Вредное воздействие на окружающую среду и природоохранные мероприятия при эксплуатации скважин, оборудованной установкой для ОРЭ

Природные ресурсы	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Атмосфера	Загрязнение УВ, сероводородом, оксидами серы и азота при эксплуатации скважин; выделение отработанных газов транспортными средствами	Поддержание в исправности оборудование, своевременное проведение ремонта и устранения утечек, регулярная проверка герметичности оборудования и соединений
Гидросфера	Нарушение изолированности водоносных горизонтов из-за перетоков	Расположение кустовых площадок нормируется на специальном расстоянии от водоемов и водотоков с целью исключения попадания загрязнений в поверхностные воды; необходимо соблюдать правила хранения загрязняющих веществ; в случае пролива углеводородного сырья в водоемы принимаются меры по ликвидации пролива с использованием физико-химических, механических, биологических и термических методов
Почва	Изъятие земель из сельскохозяйственного оборота под нефтепромысловые объекты; засорение почвы производственным мусором и отходами	В случае загрязнения почвы нефтью и нефтепродуктами места проливов зачищаются с помощью песка; проведение рекультивации земель после завершения разработки месторождения

Чтобы уменьшить и предупредить влияние вредного антропогенного фактора необходимо выполнить следующее: провести инструктажи обслуживающего персонала по вопросам соблюдения норм и правил экологической и противопожарной безопасности, требований санитарно-эпидемиологической службы, ознакомить его с особым режимом деятельности в водоохраных и санитарно-защитных зонах водотоков и водозаборов.

Важным аспектом экологической безопасности является безопасность транспортировки полезных ископаемых. Как известно, трубопроводный транспорт представляет собой меньшую опасность для экологии, нежели железнодорожный или автомобильный, однако трубопроводы протяженностью на многие тысячи километров – потенциально опасный объект для окружающей среды.

Аварийные ситуации на трубопроводах и месторождениях всегда имеют место быть, поэтому от того, насколько грамотно организована добыча и транспортировка нефти и газа, зависит экологическая безопасность в регионе. Поэтому для безопасности важно понимание необходимости предотвращения аварийных ситуаций в плане проводимой профилактики состояния систем трубопроводов.

Химические загрязнения почв нефтепродуктами, буровыми растворами имеет место при плохой обваловке и слабой гидроизоляции амбаров или при их переполнении. Загрязняющая способность буровых растворов определяется содержанием в них нефтепродуктов, ПАВ, тяжелых металлов и др. При прорывах высокоминерализованных пластовых вод происходит засоление почв с образованием выцветов соли.

Наиболее устойчиво и опасно нефтяное загрязнение. Степень загрязнения почв нефтью определяется глубиной ее проникновения и зависит от физико-химических свойств нефти, механического характера грунтов и количества нефти. Экспериментальными данными установлено, что при достижении остаточного уровня насыщения 10–12 %, нефть перестает мигрировать. Сильная загрязненность характеризуется проникновением нефти на глубину более 25 см, средняя – до 10–25 см и слабая – до глубины 10 см. Естественное микробиологическое разложение нефти происходит в почвах очень медленно, поэтому необходимо при возникающих разливах применение специальных сорбентов.

Таким образом, экологическая безопасность при эксплуатации скважин на нефтегазовом месторождении является одним из важных вопросов на сегодняшний день. Загрязнения атмосферы продуктами горения газа возможно избежать, направив газ на производственные нужды потребителей или самой компании. Однако этот вопрос пока находится на стадии обсуждения, поскольку сооружение транспортной системы для попутного газа требует серьезных вложений.

Литература:

1. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин : учебное пособие для студентов вузов / А.И. Булатов [и др.]. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.

2. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.

3. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.

4. Шиян С.И., Омельченко Н.Н. Варианты реинжиниринга при реконструкции производственных объектов системы сбора, транспортировки и подготовки нефти, газа и воды Ивановского месторождения // Инженер-нефтяник. – 2020. – № 3. – С. 34–42.

5. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.

6. Шиян С.И., Березовский Д.А. Анализ экономической и технологической эффективности эксплуатации боковых стволов на Красновском газонефтяном месторождении // Наука и техника в газовой промышленности. – 2020. – № 3 (83). – С. 26–37.

7. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутрипромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.

8. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.

9. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.

10. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

11. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

12. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

13. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

14. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

15. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

16. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

17. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

18. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на приме-

ре низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

19. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

20. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

21. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

Literature:

1. Ecology in the construction of oil and gas wells : a textbook for university students / A.I. Bulatov [and others]. – Krasnodar : LLC «Prosveshchenie-Yug», 2011. – 603 p.

2. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremichuk R.S. Scientific bases and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.

3. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and development prospects of Lebedinsky gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.

4. Shiyani S.I., Omelchenko N.N. Re-engineering options for reconstruction of production facilities of the system of gathering, transportation and preparation of oil, gas and water at the Ivanovskoye field // Engineer-Neftyanik. – 2020. – № 3. – P. 34–42.

5. Shiyani S.I., Muntian V.S. Prospects for the development of the North-Tarasovskoye oil field with the use of energy- and resource-saving technologies // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskii Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 289–299.

6. Shiyani S.I., Berezovsky D.A. Analysis of economic and technological efficiency of operation of sidetracks in Krasnovskoye gas and oil field // Science and Technology in the gas industry. – 2020. – № 3 (83). – P. 26–37.

7. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products on Nekrasovskoye gas-condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House-Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.

8. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoye field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.

9. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of the used downhole equipment / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.

10. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.

11. Improving the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.

12. Methods of enhanced oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of the field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.

13. Application of magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of double-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.
14. The solution of the problem of the negative effect of mechanical impurities in the ESP installations on the example of the Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.
15. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunaev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.
16. Kovalenko D.R., Shiyani S.I., Shchekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.
17. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells in a gas field / S.I. Shiyani [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.
18. Shiyani S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.
19. Shiyani S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskiye readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.
20. Development of hydro-jet method of oil recovery / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.
21. Analysis of the causes of hydrate formation during well operation in gas fields / S.I. Shiyani [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.

ОДНОНАСОСНЫЕ СИСТЕМЫ ОДНОВРЕМЕННО-РАЗДЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

SINGLE PUMP SYSTEMS FOR SIMULTANEOUS-SEPARATE OPERATION OF OIL WELLS

Немеренко Дарья Владимировна

студентка направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
dnemerenko1@mail.ru

Слепцов Александр Алексеевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
sleptsov.aa00@gmail.com

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Калищук Юрий Александрович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
yura-vip@list.ru

Кочкьян Адэлина Вачегановна

студентка направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
kochkanyan_av@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные схемы однонасосных систем одновременно-раздельной эксплуатации нефтяных скважин. Приведены сведения об их принципе работы, опыте эксплуатации, выявлены преимущества и недостатки.

Ключевые слова: одновременно-раздельная эксплуатация, многопластовые месторождения, однонасосные системы ОРЭ, опытно-промышленные испытания.

Nemerenko Daria Vladimirovna

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
dnemerenko1@mail.ru

Sleptsov Alexander Alekseevich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
sleptsov.aa00@gmail.com

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Kalischuk Yuri Alexandrovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
yura-vip@list.ru

Kochkanyan Adelina Vacheganovna

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
kochkanyan_av@mail.ru

Annotation. This article discusses the main schemes of single-pump systems for simultaneous-separate operation of oil wells. Information about their principle of operation, operating experience is given, advantages and disadvantages are revealed.

Keywords: simultaneous-separate operation, multi-layer fields, single-pump simultaneous-separate operation systems, pilot testing.

Системы ОРЭ предназначены для одновременной эксплуатации двух отдельных объектов разработки через один ствол скважины. Это позволяет регулировать добычу и производить замеры дебита отдельного пласта. Однонасосные системы ОРЭ, внедряемые в нефтяных компаниях, могут быть оснащены подвижными или стационарными приборами мониторинга работы пластов – объекты системы мониторинга без разобщения пластов, либо с разобщающими пакерами и различными запорными устройствами для отсечения пластов – системы мониторинга с разобщением пластов (рис. 1).

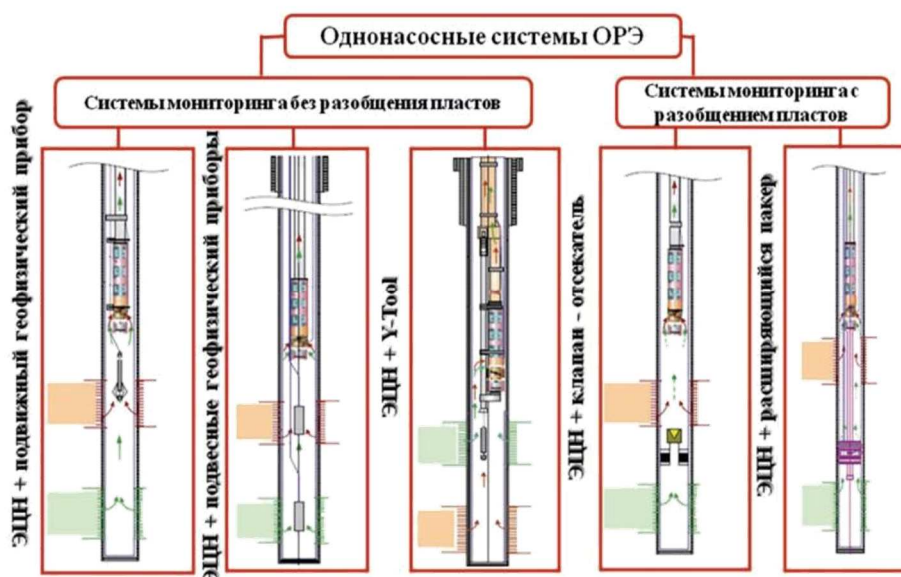


Рисунок 1 – Однонасосные системы одно временно-раздельной эксплуатации

Данные конструкции фактически обеспечивают совместную разработку пластов, причем в системах без разобщения пластов обеспечивается учет геофизическими приборами, а в системах с разобщением пластов отдельными замерами при отсечении од-

ного из пластов. Первые отличаются простотой конструкции, их следует применять для повышенной выработки запасов по пропласткам объектов разработки большой мощности, сильно расчлененных пластов. Для скважин с ОРЭ разобщаемых пластов, являющихся отдельными объектами разработки, более актуальны системы с разобщением пластов.

К однонасосным системам ОРЭ (рис. 1) относят схему с подвижной геофизикой под УЭЦН. Данная схема представляет собой комплексный прибор на геофизическом кабеле. В 2008-2011 годах данная технология применялась в целевом дочернем обществе (ЦДО) «Бугурусланнефть» на четырех скважинах, в 2010–2011 годах – в ЦДО «Сорочинскнефть» на девяти скважинах. В процессе применения отмечалось засорение расходомера и случаи раскрытия децентрактора.

Схема «УЭЦН + Y-Tool» (рис. 2) позволяет проводить промысло-геофизические исследования (ПГИ) в динамических условиях с извлечением приборов. двухлифтовые Первый опыт применения данного оборудования был неудачным – в 2008 году из скважины ООО «Бугурусланнефть» не удалось извлечь герметизирующее устройство системы байпасирования, а в ЦДО «Сорочинскнефть» был получен ранний отказ насоса. Испытания аналогичной технологии другого производителя были возобновлены в 2012 году на месторождениях ООО «ТНК-Уват», где запланировано ее внедрение на 10 скважинах.

Преимуществом схемы «УЭЦН + подвесной геофизический прибор» является использование стандартного внутрискважинного оборудования с добавлением геофизического блока, подключенного к ТМС УЭЦН, и выводом данных на поверхность. Минимальный дебит жидкости для этой технологии составляет 30 м³ в сутки. Успешные испытания метода проведены в 2011 году на скважинах ОАО «ТНК-Нягань». Межремонтный период составил 280 суток. Региональные предприятия ТНК-ВР протестировали три типа систем мониторинга и управления с одним способом механизированной добычи с разобщением пластов.

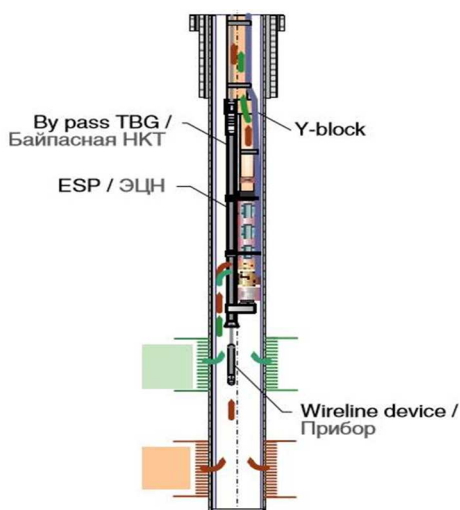


Рисунок 2 – Схема «Установка электроцентробежного насоса + Y-Tool»

Схема «УЭЦН + мандрели» относится к системам отсюда мониторинга и управления с одним способом механизированной добычи с разделением пластов. Данная схема основана на использовании модифицированного газлифтного оборудования. В скважинные камеры (мандрели) вставляются штуцеры и геофизические приборы на канатной технике, обеспечивающие измерение давления, температуры, влажности, дебита. Наиболее распространены автономные приборы с памятью, но существуют технические решения и для вывода данных на поверхность в режиме реального времени. В

2008 году технология с автономными приборами внедрена на 14 скважинах ОАО «Варьеганнефтегаз», дебиты жидкости составили 53–110 м³ в сутки, средний межремонтный период (МРП) – 365 суток. В 2010 году испытания проводились на двух нефтеносных скважинах ОАО «Самотлорнефтегаз», где было отмечено быстрое засорение расходомеров.

Опытно-промышленные испытания (ОПИ) схемы «УЭЦН + гидравлический (расширяющийся) пакер» проведены в 2011 году на месторождениях ОАО «Варьеганнефтегаз». При монтаже и опробовании компоновки выявлены проблемы с гидравлическими линиями; в настоящее время ведется доработка оборудования.

Еще одна перспективная система мониторинга с разделением пластов – схема «УЭЦН + гидравлическая циркуляционная муфта» (рис. 3). Принцип ее действия основан на отсечении одного из пластов дистанционно с поверхности. При нормальном режиме продукция нижнего пласта проходит через циркуляционную муфту и добывается вместе с продукцией верхнего пласта. В режиме разобщения с поверхности активируется закрытие циркуляционной муфты, и добыча ведется только из верхнего пласта. Все фазовые замеры производятся на поверхности стандартными приборами учета. Добыча из нижнего пласта оценивается с помощью вычитания. Каждый пласт имеет независимые датчики давления достаточной точности для проведения гидродинамических исследований. Проводились ОПИ данной технологии на шести скважинах ОАО «Варьеганнефтегаз», ОАО «ТНК-Нижневартовск» и ЦДО «Сорочинскнефть» в различных опциях исполнения (100 % импорт, 100 % РФ и гибридные схемы).

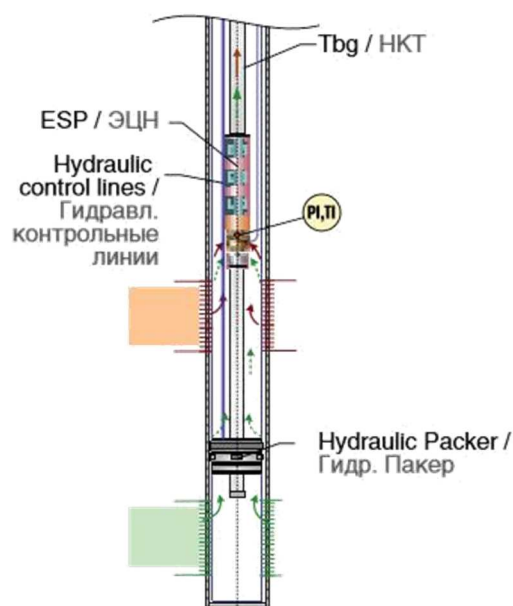


Рисунок 3 – Схема «Установка электроцентробежного насоса + гидравлическая циркуляционная муфта»

Литература:

1. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
2. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
3. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
4. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.

5. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.

6. Шиян С.И., Омельченко Н.Н. Варианты реинжиниринга при ре-конструкции производственных объектов системы сбора, транспор-тировки и подготовки нефти, газа и воды Ивановского месторождения // Инженер-нефтяник. – 2020. – № 3. – С. 34–42.

7. Шиян С.И., Березовский Д.А. Анализ экономической и технологической эффективности эксплуатации боковых стволов на Красновском газонефтяном месторождении // Наука и техника в газовой промышленности. – 2020. – № 3 (83). – С. 26–37.

8. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутрипромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.

9. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.

10. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

11. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

12. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

13. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

14. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

15. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

16. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

17. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

18. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

19. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

20. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

21. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

Literature:

1. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremichuk R.S. Scientific basis and practice of development of oil and gas wells. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.

2. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of oil and gas fields. – Krasnodar : Izd. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.

3. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and development prospects of Lebedinsky gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.

4. Shiyani S.I., Skiba A.S. Technology of reservoir pressure maintenance system regulation at Abino-Ukrainian field // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 279–288.

5. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of downhole equipment / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.

6. Shiyani S.I., Omelchenko N.N. Re-engineering options in the re-construction of production facilities of gathering, transportation and preparation of oil, gas and water at Ivanovskoye field // Engineer-oilman. – 2020. – № 3. – P. 34–42.

7. Shiyani S.I., Berezovsky D.A. Analysis of economic and technological efficiency of operation of sidetracks at Krasnovskoye gas and oil field // Science and Technology in the Gas Industry. – 2020. – № 3 (83). – P. 26–37.

8. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products on Nekrasovskoye gas-condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.

9. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoye field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.

10. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.

11. Improving the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.

12. Methods of enhanced oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of the field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.

13. Application of magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of double-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.

14. The solution of the problem of the negative effect of mechanical impurities in the ESP installations on the example of the Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.

15. Development of hydro-jet method of oil recovery / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.

16. Analysis of the causes of hydrate formation during the operation of wells in gas fields / S.I. Shiyani [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.

17. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells in a gas field / S.I. Shiyani [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.

18. Shiyani S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.

19. Shiyani S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskiye readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.

20. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in the field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.

21. Kovalenko D.R., Shiyani S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.

ОДНОВРЕМЕННО-РАЗДЕЛЬНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

SIMULTANEOUS SEPARATE OPERATION OF OIL WELLS

Нечаев Сергей Романович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
annoonelove@mail.ru

Сабайдаш Максим Леонидович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
msabaydash@list.ru

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Саркисян Эдуард Валерьевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
eduardosarkisyan2304@gmail.com

Сафоненко Григорий Евгеньевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
grisha.safonenko2012@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрена история возникновения и применения одно-
временно-раздельной эксплуатации нефтяных скважин.

Ключевые слова: одновременно-раздельная эксплуатация, насосно- компрессорные
трубы, история.

Nechaev Sergey Romanovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
annoonelove@mail.ru

Sabaidash Maxim Leonidovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
msabaydash@list.ru

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Sarkisyan Eduard Valeryevich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
eduardsarkisyan2304@gmail.com

Safonenko Grigoriy Evgenyevich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
grisha.safonenko2012@yandex.ru

Annotation. This article discusses the history of the emergence and application of simultaneous-separate operation of oil wells.

Keywords: simultaneous operation, pumping and compressor pipes, history.

Первые образцы оборудования для одновременно-раздельной эксплуатации созданы в СССР в 1930-х годах, работы в этом направлении были продолжены после войны. Широкие научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы начаты под руководством Н.К. Байбакова с конца 1950-х годов. Он в то время курировал всю нефтяную промышленность, и при его каждодневном участии направление стало развиваться очень активно. В 1965 году было организовано Особое конструкторское бюро по созданию и внедрению оборудования для ОРЭ скважин (ОКБ РЭ) в г. Баку, велись научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в ТатНИПИнефть, ВНИИ, СевКавНИПИнефть, ОКБ БН, ВНИИТнефть, ВНИИКАнефтегаз.

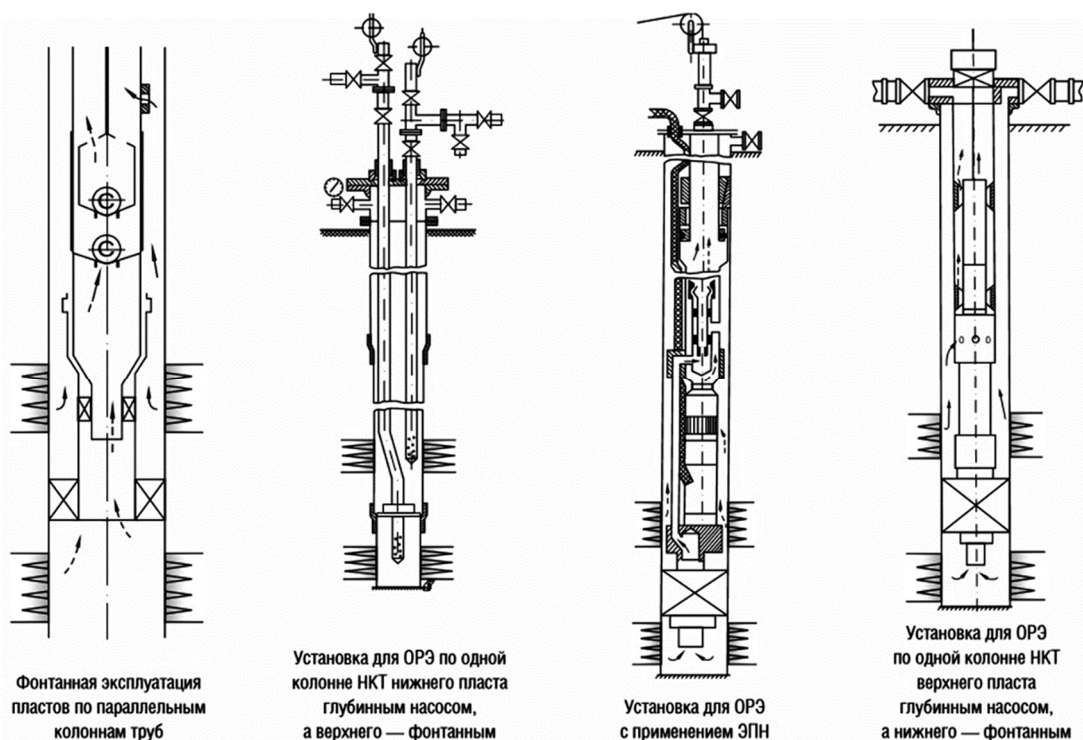


Рисунок 1 – Схемы одновременно-раздельной эксплуатации 1950–1970-х гг.

К 1970 году были разработаны основные схемы ОРЭ и ОРЗ для работы в двух пластах, вскрытых одной скважиной: «фонтан-фонтан», «фонтан-насос», «насос-фонтан», «насос-насос», «газлифт-газлифт», «закачка-закачка», «закачка-отбор», «отбор-закачка».

За пять лет – с 1969-го по 1974 год – в нефтяной промышленности СССР на ОРЭ и ОРЗ перевели более 2500 скважин, а в период с 1974-го по 1979 год – еще около 2000 скважин. То есть за десять лет технология была внедрена более чем в 4,5 тыс. скважин. Нужно сказать, что в то время всего в Советском Союзе нефтяных скважин было около 70 тыс., так что объем внедрения сложно недооценить.

Многие элементы техники и технологий ОРЭ и ОРЗ, которые сегодня представляются как новые разработки, в действительности являются лишь новым витком спирали, повторяя на новом уровне с использованием современных решений разработки 1950–1960-х годов.

Тогда же была разработана общепринятая схема, состоящая из одной или нескольких колонн НКТ и некоторого количества пакеров для пластов, которые необходимо разделить либо из-за разности давления, либо из-за того, что нельзя смешивать их продукцию. Например, основные объекты разработки в Татарстане – это угленосные и девонские горизонты. Смешение продукции этих пластов дает продукт относительно низкой стоимости, в связи с чем лучше всего поднимать эту нефть отдельно из каждого пласта.

Были созданы схемы с обратными клапанами в конструкции, которые позволяют опрессовывать пакерные устройства и обеспечивают прямую и обратную промывку. Сегодня мы видим воспроизводство этого решения на новом уровне с использованием, например, управляемых автономных клапанов с ЧИПами, которые содержат специальную программу.

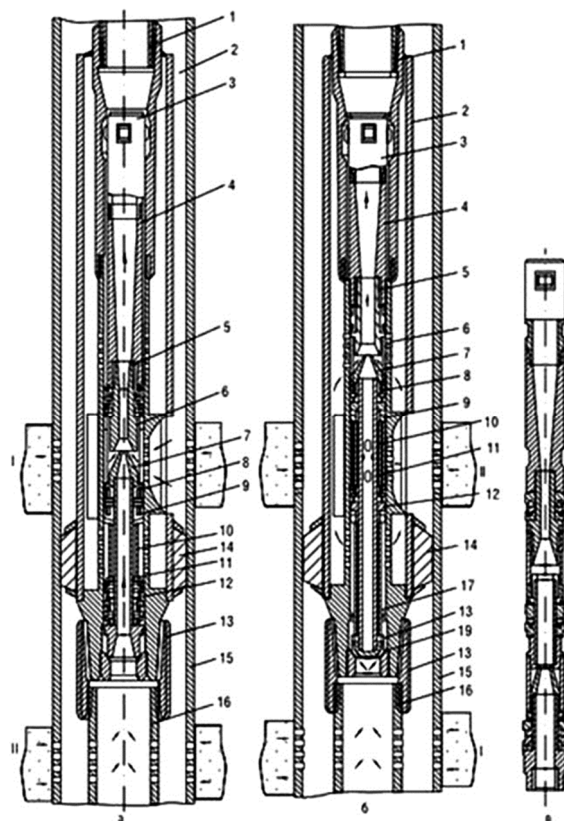


Рисунок 2 – Оборудование для одновременно-раздельной эксплуатации с применением инжекторов: а – прямая схема; б – обратная схема; в – инжектор с отодвинутым соплом; I и II – низконапорный и высоконапорный пласты; 1 – колонна насосно-компрессорных труб; 2 – разобщитель; 3 – замок; 4 – диффузор; 5 – камера смешения; 6 – камера для входа подсосываемой жидкости; 7 – сопло; 8 – манжеты; 9 – кольцо упорное; 10, 17 – распорная втулка; 11 – направляющий патрубков; 12 – упорная втулка; 13 – муфта; 14 – пакер; 15 – обсадная колонна; 16 – хвостовик; 18 – подвижная гайка; 19 – заглушка

Были созданы конструкции с уплотнительными элементами на управляющих плунжерах или поршнях, которые обеспечивали работу одного или двух пластов одновременно либо поочередную эксплуатацию каждого пласта с возможностью замера дебита и всех характеристик откачиваемой жидкости.

Одна из схем, варианты которых сегодня представляются в качестве нового слова в технике, – тоже достояние истории. Это схема с использованием струйных насосов или инжекторов (рис. 2.)

Как известно, есть две основные конфигурации ОРЭ – с использованием концентричных колонн НКТ и параллельных колонн НКТ для подъема продукции разных пластов или для закачки и подъема жидкости. Раздельный отбор нефти с применением концентричных колонн НКТ впервые в нашей стране был предложен В.Н. Беленьким и М.А. Гейманом (рис. 3). Схема была применена в НГДУ «Первомайнефть» Куйбышевской области, причем в объеме около 100 скважин.

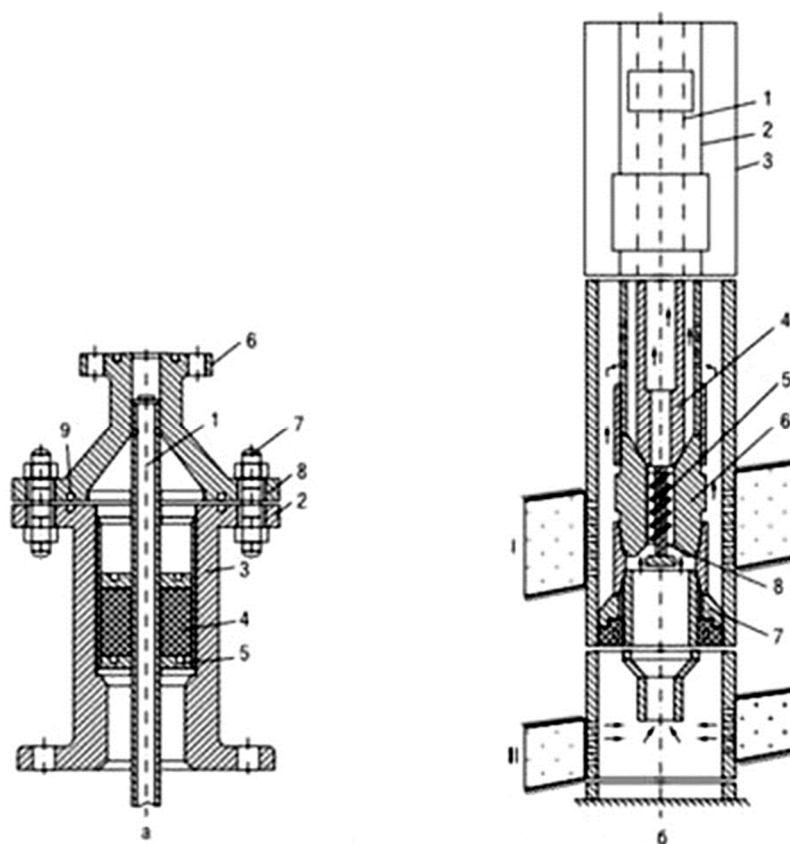


Рисунок 3 – Схема одновременно-раздельной эксплуатации двух пластов с применением концентрично расположенных колонн насосно-компрессорных труб (НКТ): а – трубная головка: 1 – 48-мм НКТ; 2,6,8 – фланец; 3 – подвижная гайка; 4 – резиновое уплотнение; 7 – шпилька; 5 – упор; 9 – уплотнительное кольцо; б – подземное оборудование: 1 – 48-мм НКТ; 3 – обсадная колонна; 4 – башмак 48-мм НКТ с конусом; 5 – клапан; 6 – переводник с седлом; 7 – пакер

Использовались также насосные установки штангового типа, которые могли использовать для откачки жидкости из двух пластов специальные дифференциальные насосы, тоже давно известные. Сегодня все чаще применяются такие системы не только для откачки жидкостей из двух разных пластов, но и для того, чтобы, например, отбирать большое количество свободного газа или отбирать только нефть и не забирать воду из скважины и т.д..

Еще одна система основывалась на использовании дифференциальных насосов с возможностью откачки жидкости иногда по одной насосной линии, иногда по двум насосным линиям из двух пластов (рис. 4).

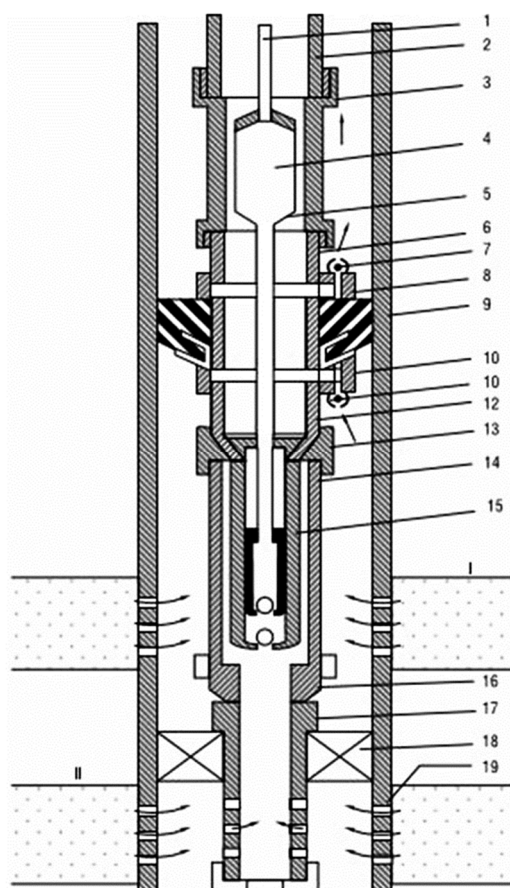


Рисунок 4 – Установка с дифференциальным насосом для одновременно-раздельной эксплуатации: I, II – верхний и нижний пласты, 1 – колонна штанг, 2 – колонна НКТ, 3, 4 – цилиндр и плунжер верхнего насоса, 5 – полый шток, 6, 12 – верхний и нижний патрубки, 7 – нагнетательный клапан, 8 – специальная верхняя муфта, 9, 18 – верхний и нижний пакеры, 10 – специальная нижняя муфта, 11 – всасывающий клапан, 13 – узел замка, 14 – труба, 15 – нижний насос, 16 – уплотняющий конус, 17 – седло с левой резьбой, 19 – хвостовик с фильтром

Были созданы технологии, которые обеспечивали спуск оборудования в скважину, открытие или фиксацию пакерных устройств, работую включению того или другого пласта, возможность обратной промывки. То есть были разработаны основные схемы и технологии, которые позволяют сегодня двигаться дальше, опираясь на тех специалистов, которые были первыми

Литература:

1. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин : учебное пособие для студентов вузов / А.И. Булатов [и др.]. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
2. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремичук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
3. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
4. Шиян С.И., Березовский Д.А. Анализ экономической и технологической эффективности эксплуатации боковых стволов на Красновском газонефтяном месторождении // Наука и техника в газовой промышленности. – 2020. – № 3 (83). – С. 26–37.
5. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.

6. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсо-сберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.

7. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.

8. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутривнепромывочного сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.

9. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.

10. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

11. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

12. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

13. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

14. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

15. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

16. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

17. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

18. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех :

материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

19. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

20. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

21. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

Literature:

1. Ecology in the construction of oil and gas wells : a textbook for university students / A.I. Bulatov [and others]. – Krasnodar : LLC «Prosveshchenie – Yug», 2011. – 603 p.

2. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremichuk R.S. Scientific bases and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.

3. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and development prospects of Lebedinsky gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.

4. Shiyani S.I., Berezovskiy D.A. Analysis of economic and technological efficiency of operation of sidetracks at Krasnovskoye gas-oil field // Science and Technology in Gas Industry. – 2020. – № 3 (83). – P. 26–37.

5. Shiyani S.I., Skiba A.S. Technology of reservoir pressure maintenance system regulation in the Abino-Ukrainian field // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskii Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 279–288.

6. Shiyani S.I., Muntian V.S. Prospects for the development of the North-Tarasovskoye oil field with the use of energy- and resource-saving technologies // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskii Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 289–299.

7. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of downhole equipment used / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.

8. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products at Nekrasovskoye gas-condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.

9. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoye field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.

10. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.

11. Kovalenko D.R., Shiyani S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.

12. Application of magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of dual-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II

International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.

13. The solution of the problem of the negative effect of mechanical impurities in the ESP installations on the example of the Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.

14. Peculiarities of producing wells operation in West Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.

15. Perfection of Hydrojet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.

16. Methods of increasing oil recovery and limiting factors of application of these methods on the example of the field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.

17. Development of hydro-jet method of oil extracting / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.

18. Analysis of the causes of hydrate formation during well operation in gas fields / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.

19. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells in a gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.

20. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.

21. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskie readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.

ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

DIGITAL MODELS OF OIL AND GAS FIELDS

Орлова Инна Олеговна

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры Нефтегазового дела имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный технологический университет
assoletta77@mail.ru

Даценко Елена Николаевна

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры Нефтегазового дела имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный технологический университет
aldac@mail.ru

Авакимян Наталья Николаевна

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры общей математики,
Кубанский государственный технологический университет
avnatali@mail.ru

Аннотация. Рассмотрена необходимость создания цифровых моделей месторождений, цели и этапы создания цифровых моделей.

Ключевые слова: месторождение, база данных, моделирование, коллекторские свойства, данные исследований, скважинные данные, геологическая модель, гидродинамическое моделирование.

Orlova Inna Olegovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of Oil and Gas Engineering Department
named after professor G.T. Vartumyan,
Kuban state technological university
assoletta77@mail.ru

Datsenko Elena Nikolaevna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of oil and gas engineering department
named after professor G.T. Vartumyan,
Kuban state technological university
aldac@mail.ru

Avakimyan Natalya Nikolaevna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of general mathematicians department,
Kuban state technological university
avnatali@mail.ru

Annotation. The necessity of creating digital models of deposits, the goals and stages of creating digital models are considered.

Keywords: field, database, modeling, reservoir properties, research data, well data, geological model, hydrodynamic modeling.

В основе принятия большинства успешных решений по разработке месторождений лежит глубокое понимание его строения. Самым эффективным способом достижения такого понимания является построение и использование компьютерных моделей месторождений. Собственно, компьютерное моделирование можно разделить на геологическое моделирование – построение подробной геологической модели месторождения, используя различные базы данных, и гидродинамическое моделирование – построение адресной постояннодействующей модели месторождения, на основе математических уравнений фильтрации, описывающих физические явления процессов, протекающих в пласте. Создание постоянно действующей геолого-технологической модели (ПДГТМ) диктуется временем. С 2001 года создание ПДГТМ включается в лицензионное соглашение освоения и разработки месторождений.

Компьютерные технологии в области моделирования месторождений в настоящее время имеют тенденцию устойчивого роста интереса со стороны нефтяных компаний по внедрению их на предприятии. Они позволяют обосновывать стратегию разработки нефтяных месторождений, использовать их для решения производственных задач. Основные цели создания ПДГТМ приведены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Цели создания ПДГТМ

Для эффективного использования постоянно действующих геологотехнологических моделей месторождений в нефтяных компаниях разработаны схема их создания и определены задачи, решаемые на каждом этапе моделирования с возможностью интеграции с различными системами БД, т.е., создается методология комплексной интерпретации данных при решении задач моделирования месторождений. На этапе подготовки производят сбор, хранение и проверка достоверности исходной информации (оцифровывается весь фонд скважин, проводится переинтерпретация геолого-геофизических исследований скважин (ГИС), анализ и систематизация петрофизических данных с помощью разработанных программ логического контроля непротиворечивости).

Кроме того, уже на этом этапе осуществляют подготовку и импорт скважинных данных в программное обеспечение (ПО), результаты обработки данных инклинометрии, геофизические кривые, результаты интерпретации геофизических кривых, результаты геологической корреляции пластов. Преимущество данного подхода – это минимум дублирования данных, возможность редактирования ГИС, инклинометрии, работа с измеренными глубинами, оптимальная интеграция результатов геологической корреляции.

Основу структурного моделирования составляют сейсмические поверхности, полученные в результате интерпретации 2D или 3D сейсмике, геологическая корреляция. Результатом структурного моделирования являются поверхности кровли и подошвы продуктивных горизонтов.

Далее моделирование проводится на трехмерной сетке, описывающей внутренний объем месторождения. Организация слоев сетки должна отражать седиментологические и тектонические эффекты, имеющиеся на месторождении. Цель этапа литологического моделирования – получение представления о пространственном распространении пород различных литотипов, встречаемых на месторождениях и создание трехмерного параметра литологии, который соответствовал бы этим представлениям. Основываясь на результатах литологического моделирования, проводится моделирование пространственного распределения коллекторских свойств и насыщения. Коллекторские свойства моделируются для каждого типа пород. Основу построения параметра нефтенасыщенности составляют данные, полученные из геолого-геофизического каталога и трендовые зависимости, а также обоснование плоскости ВНК. Результатом является трехмерное распределение нефтенасыщенности.

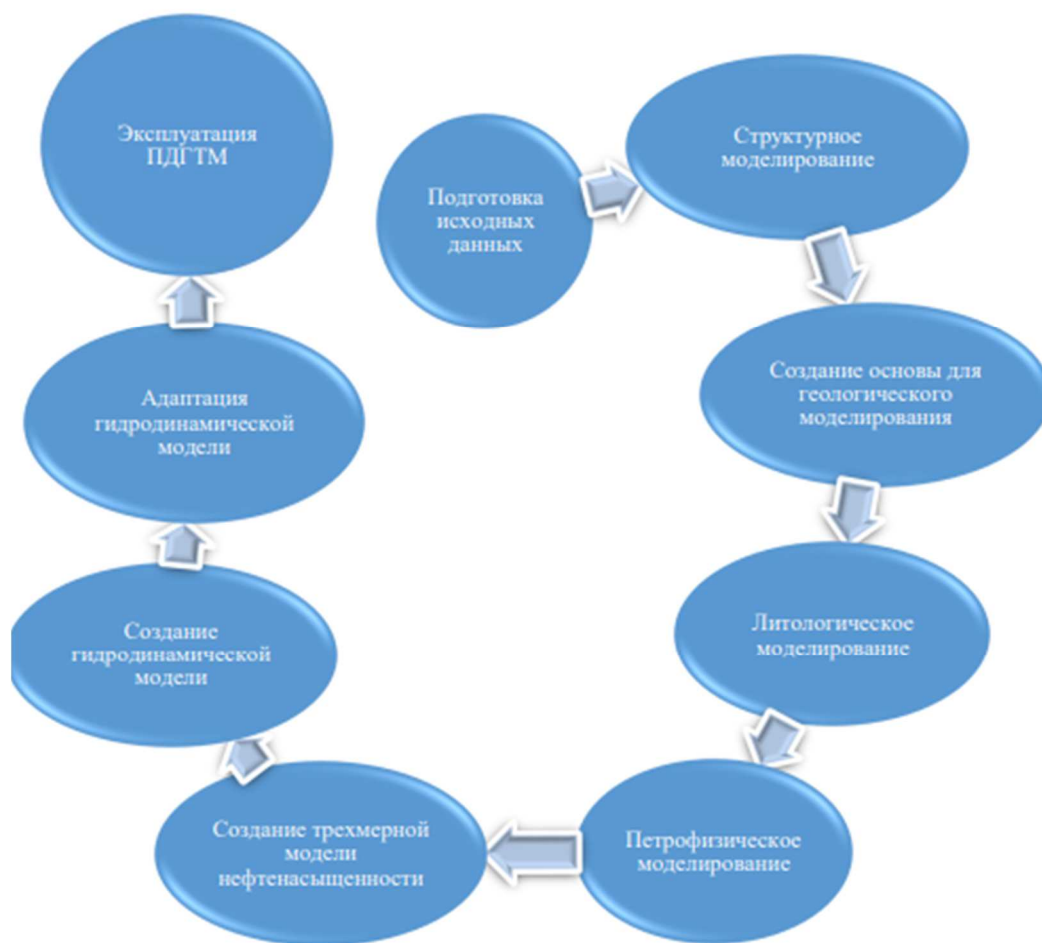


Рисунок 2 – Этапы создания ПДГТМ

И наконец, проводят этап гидродинамического моделирования, цель которого состоит в детальном подсчете начальных балансовых запасов, локализации остаточных запасов в разрабатываемых залежах, обосновании коэффициента извлечения нефти и проектировании разработки. При построении трехмерных трехфазных гидродинамических моделей проводится адаптация по истории разработки с достаточно высокой точностью

Литература:

1. Хасанов М.М., Мирзаджанзаде А.Х., Бахтизин Р.Н. Моделирование процессов нефтегазодобычи. – Москва-Ижевск : ИКИ, 2004. – 368 с.
2. Тришин Ф.В. Реальность виртуальная, польза реальная // Нефть и жизнь. – 2004. – № 1. – С. 22–24.
3. История нефтегазовой отрасли / Д.Г. Антониади [и др.]; ФГБОУ ВО «КубГТУ». – Краснодар : Издательский дом – Юг, 2020. – 184 с.
4. Основы нефтегазопромыслового дела / Е.Н. Даценко [и др.]; ФГБОУ ВО «КубГТУ». – Краснодар : Издательский дом – Юг, 2017. – 128 с.

Literature:

1. Khasanov M.M., Mirzajanzade A.Kh., Bakhtizin R.N. Modeling of oil and gas production processes. – Moscow-Izhevsk : IKI, 2004. – 368 p.
2. Trishin F.V. Reality virtual, benefit real // Oil and Life. – 2004. – № 1. – P. 22–24.
3. History of Oil and Gas Industry / D.G. Antoniadis [etc.]; FGBOU VO «KubGTU». – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – 184 p.
4. Fundamentals of oil and gas field engineering / E.N. Datsenko [etc.]; FGBOU VO «KubGTU». – Krasnodar : Publishing House – South, 2017. – 128 p.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

GEOLOGICAL MODELING OF OIL AND GAS FIELDS

Орлова Инна Олеговна

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры Нефтегазового дела имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный технологический университет
assoletta77@mail.ru

Даценко Елена Николаевна

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры Нефтегазового дела имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный технологический университет
aldac@mail.ru

Авакимян Наталья Николаевна

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры общей математики,
Кубанский государственный технологический университет
avnatali@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены факторы появления геологического моделирования, изложены основные этапы и необходимые данные для построения геологической модели месторождений нефти и газа.

Ключевые слова: геологическое моделирование, исходная информация, структура месторождения, программный комплекс.

Orlova Inna Olegovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of Oil and Gas Engineering Department
named after professor G.T. Vartumyan,
Kuban state technological university
assoletta77@mail.ru

Datsenko Elena Nikolaevna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of oil and gas engineering department
named after professor G.T. Vartumyan,
Kuban state technological university
aldac@mail.ru

Avakimyan Natalya Nikolaevna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of general mathematicians department,
Kuban state technological university
avnatali@mail.ru

Annotation. The factors of the appearance of geological modeling are considered, the main stages and the necessary data for the construction of a geological model of oil and gas fields are described.

Keywords: geological modeling, source information, field structure, software package.

Геологическое моделирование является основой для цифрового фильтрационного моделирования и совершенствования разработки месторождения. Качественная и детальная геологическая модель повышает надежность и адекватность расчетов и существенно упрощает адаптацию фильтрационной модели к истории разработки месторождения.

Построение геологической модели месторождения проводится на базе сейсмической, промыслово-геофизической и петрофизической информации. В качестве основных исходных данных используются: результаты обработки и интерпретации полевых сейсморазведочных материалов; условные координаты пластопересечений; корреляция разрезов скважин; результаты интерпретации материалов ГИС; геолого-промысловые данные; петрофизические зависимости.



Рисунок 1 – Исходные данные для построения геологической модели

Для описания структуры месторождения используется трехмерная модель, состоящая из набора поверхностей структур. На основании согласованной структурной модели строится дискретная трехмерная сетка, на которой моделируется пространственное распределение типов пород и петрофизические параметры. Появление трехмерного геологического моделирования как самостоятельного направления оказалось возможным вследствие следующих основных факторов:

1. Разработки математических принципов и алгоритмов трехмерного моделирования.
2. Развития смежных областей геологического и геофизического знания.
3. Обработки и интерпретации 3D сейморазведки, сиквенс-стратиграфии, а также трехмерного гидродинамического моделирования.
4. Появления достаточно мощных компьютеров и рабочих станций, позволяющих выполнять сложные математические расчеты с достаточным быстродействием и визуализацией результатов.
5. Разработки коммерческих программ, обеспечивающих цикл построения трехмерных моделей (загрузка, корреляция, картопостроение, построение кубов ФЕС, визуализация, анализ данных, выдача графики и др.).
6. Накопления обширного опыта двумерного геологического моделирования, подсчета запасов и нефтегазопромысловой геологии.

Развитие программных пакетов геологического моделирования обеспечивается, с одной стороны, появлением новых принципов и алгоритмов 3D моделирования

(нейронные сети, многоточечная статистика – MPS), с другой – расширением функциональности за счет включения и интеграции новых модулей (анализ данных сейсморазведки, сопровождение бурения горизонтальных скважин, апскейлинг).

На сегодняшнем этапе развития геологической науки и компьютерных технологий появилась возможность комплексирования всей имеющейся геолого-геофизической и промысловой информации и ее интегрированного анализа с помощью цифрового трехмерного моделирования геологического строения месторождения. В настоящее время имеется много удобных для моделирования пакетов программ, однако вопросы методики и технологии построения моделей остаются очень сложной инженерной задачей, а трехмерное цифровое геологическое моделирование продолжает оставаться интересным, увлекательным и экономически эффективным направлением нефтегазовой геологии.

Литература:

1. Гладков Е.А. Геологическое и гидродинамическое моделирование месторождений нефти и газа: учебное пособие / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 99 с.

2. Путилов И.С. Трехмерное геологическое моделирование при разработке нефтяных и газовых месторождений : учеб.-метод. пособие. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – 72 с.

3. История нефтегазовой отрасли / Д.Г. Антониади [и др.]; ФГБОУ ВО «КубГТУ». – Краснодар : Издательский дом – Юг, 2020. – 184 с.

4. Основы нефтегазопромыслового дела / Е.Н. Даценко [и др.]; ФГБОУ ВО «КубГТУ». – Краснодар : Издательский дом – Юг, 2017. – 128 с.

Literature:

1. Gladkov E.A. Geological and hydrodynamic modeling of oil and gas fields: tutorial / Tomsk Polytechnic University. – Tomsk : Publishing house of Tomsk Polytechnic University, 2012. – 99 p.

2. Putilov I.S. Three-dimensional geological modeling in the development of oil and gas fields : tutorial. – Perm : Publishing House of Perm National Research Polytechnic University, 2011. – 72 p.

3. History of Oil and Gas Industry / D.G. Antoniadis [etc.]; FGBOU VO «KubGTU». – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – 184 p.

4. Fundamentals of oil and gas field engineering / E.N. Datsenko [etc.]; FGBOU VO «KubGTU». – Krasnodar : Publishing House – South, 2017. – 128 p.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА
НА САНДИВЕЙСКОМ НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

**DESIGN OF THE HYDRAULIC FRACTURING PROCESS
ON THE SANDIVEYSKOYE OIL FIELD**

Отрадно́в Артём Михайлович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»,
Ухтинский государственный технический университет
apple.lan@icloud.com

Савенко́ Ольга Вадимовна

доктор технических наук,
профессор кафедры разработки и эксплуатации
нефтяных и газовых месторождений и подземной гидромеханики,
Ухтинский государственный технический университет
olgasavenok@mail.ru

Андрусеви́ч Дарья Александровна

студентка направления подготовки
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
dasha.andrusevich.00@bk.ru

Харченко́ Ярослав Михайлович

студент направления подготовки
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
Yaroslav-kharchenko@mail.ru

Аннотация. Сандивейское нефтяное месторождение подходит для процесса гидроразрыва пласта, т.к. полностью соответствует всем требованиям данного мероприятия, а именно: продуктивный горизонт приурочен к карбонатным отложениям, глубина скважины менее 3000 м (2272 м), дебит скважины более 3 тонн/сут. (10,5 тонн/сут.), пластовая температура меньше 100 °С (42 °С). Определены расчётные показатели процесса гидроразрыва пласта: давление, которое нужно создать на устье $P_{уст} = 51,1$ МПа; вязкость жидкости-песконосителя $\mu_{ж} = 280$ мПа · с; число насосных агрегатов $N = 4$ шт.; продолжительность гидроразрыва $t = 1$ час; объём жидкости для продавки жидкости-песконосителя $V_n = 12,9$ м³; дебит скважины после ГРП $q = 44,3$ м³/сут.; приближённый эффект от ГРП $n = 3,5$ раза. Проведена технико-экономическая оценка проведения ГРП. Дополнительная прибыль от проведения ГРП в год составит порядка 11,1 млн. руб.

Ключевые слова: проектирование процесса гидравлического разрыва пласта, теоретические основы гидравлического разрыва пласта, подбор скважин для проведения ГРП, порядок проведения работ по подготовке к ГРП, определение расчётных показателей процесса ГРП, технико-экономическое обоснование проведения ГРП.

Otradnov Artyom Mikhailovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Ukhta state technical university
apple.lan@icloud.com

Savenok Olga Vadimovna

Doctor of Technical Sciences,
Professor of the department of development and operation of oil and gas fields
and underground hydromechanics,
Ukhta state technical university
olgasavenok@mail.ru

Andrusevich Daria Aleksandrovna

Student training direction 15.03.02 «Technological machines and equipment»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological University
dasha.andrusevich.00@bk.ru

Kharchenko Yaroslav Mikhailovich

Student training direction 15.03.02 «Technological machines and equipment»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological University
Yaroslav-kharchenko@mail.ru

Annotation. The Sandiveyskoye oil field is suitable for the hydraulic fracturing process, because fully complies with all the requirements of this event, namely: the productive horizon is confined to carbonate deposits, the well depth is less than 3000 m (2272 m), the well flow rate is more than 3 tons/day (10,5 tons/day), reservoir temperature is less than 100 °C (42 °C). The calculated parameters of the hydraulic fracturing process have been determined: pressure to be created at the wellhead $P_{ust} = 51,1$ MPa; the viscosity of the sand carrier fluid $\mu_{liquid} = 280$ mPa · s; number of pumping units $N = 4$ pieces; hydraulic fracturing duration $t = 1$ hour; the volume of liquid for squeezing the liquid-sand carrier $V_p = 12,9$ m³; well flow rate after hydraulic fracturing $q = 44,3$ m³/day; approximate effect of hydraulic fracturing $n = 3,5$ times. A technical and economic assessment of hydraulic fracturing was carried out. Additional profit from hydraulic fracturing per year will amount to about 11,1 million rubles.

Keywords: hydraulic fracturing process design, theoretical foundations of hydraulic fracturing, selection of wells for hydraulic fracturing, procedure for carrying out work on preparation for hydraulic fracturing, determination of the calculated parameters of the hydraulic fracturing process, feasibility study for hydraulic fracturing.

Т еоретические основы гидравлического разрыва пластов

Гидравлический разрыв пласта проводят для образования новых или раскрытия уже существующих трещин с целью повышения проницаемости призабойной зоны пласта и увеличения производительности скважины.

Гидравлический разрыв пласта получают в результате закачки жидкости в пласт под высоким давлением. Для предотвращения смыкания после окончания операции и снижения давления до первоначального вместе с жидкостью закачивают зернистый материал – кварцевый песок, корунд.

Гидравлический разрыв может быть определён как физический процесс, при котором порода разрывается по плоскостям минимальной прочности благодаря воздействию на пласт давления, создаваемого закачкой в скважину флюида. После разрыва давление флюида увеличивает трещину, обеспечивая её связь с системой естественных, природных трещин, не вскрытых скважиной, а также с зонами повышенной проницаемости, расширяя таким образом площадь дренажа скважины и способствуя значительному увеличению её дебита.

Одним из важнейших параметров проведения ГРП является давление гидроразрыва, при котором образуются трещины в материале породы. В идеальных условиях давление раскрытия трещин $P_{грп}$ должно быть не меньше горного давления P_z , создаваемого толщей вышележащих пород. Однако в реальных условиях может выполняться неравенство $P_{грп} \ll P_z$, что объясняется наличием в пласте глинистых пропластков, обладающих хорошими пластичными свойствами. В процессе бурения, когда ствол скважины не обсажен, под действием веса вышележащих пород может произойти выдавливание глины из пласта в скважины и частичное разгрузление пласта, расположенного под глинистыми пропластками, что и приводит к снижению давления гидроразрыва.

Промысловые эксперименты показали, что на малых глубинах (300–600 м) образуются в большинстве случаев горизонтальные трещины, а на глубинах более 1000 м создаваемые трещины ориентированы вертикально. Между 600 и 1000 м расположена зона неопределённой ориентации трещин.

Лабораторные эксперименты свидетельствуют о том, что при градиентах разрыва до 0,0158 МПа/м трещины ориентированы вертикально, а более 0,0223 МПа/м – горизонтально. Промысловые данные не подтверждают этого. Вертикальные трещины образуются даже при градиентах 0,0148 МПа/м в зависимости от регионального размещения поля механических напряжений.

Гидроразрыв проводят по следующей технологии. В начале под большим давлением закачивают жидкость с песком. Обычно и жидкость разрыва, и жидкость-песконоситель при обработке добывающих скважин приготавливают на углеводородной основе. Концентрация песка в жидкости-песконосителе обычно колеблется в пределах от 100 до 500 кг/м³ и зависит от её фильтруемости и удерживающей способности.

Далее закачивают продавочную жидкость для доведения жидкости-песконосителя до пласта. Для этих целей чаще всего используют воду.

К жидкости разрыва предъявляются следующие требования. Во-первых, она должна быть высоковязкой, чтобы не произошло её быстрое проникновение вглубь пласта, иначе повышение давления вблизи скважины будет недостаточным. Во-вторых, при наличии в разрезе скважины нескольких продуктивных пропластков необходимо обеспечить по возможности равномерный профиль приёмистости. Для гидроразрыва пласта необходимо использовать жидкость, вязкость которой не зависит от скорости фильтрации.

Основными расчётными показателями процесса гидроразрыва являются давление разрыва, расход рабочих жидкостей и песка, радиус трещин, проницаемость трещин, призабойной зоны и всей дренажной системы, дебит скважин после гидроразрыва, тип и количество агрегатов, ожидаемая эффективность гидроразрыва.

Для получения трещин горизонтального направления давление разрыва пласта зависит:

- 1) от величины вертикального горного давления, определяемого глубиной залегания пласта и плотностью вышележащих пород;
- 2) от величины пластового давления;
- 3) от перераспределения напряжения в пласте;
- 4) от естественной трещиноватости пород пласта.

Подбор скважин для проведения ГРП

Перед непосредственным расчётом ГРП проверим готовность скважины к запланированному мероприятию. Объектом для проведения технологии ГРП могут быть пласты-коллекторы, сложенные как терригенными, так и карбонатными породами.

Наиболее благоприятными объектами для проведения ГРП являются пласты, обладающие высокой пластовой энергией и нефтенасыщенностью. Предпочтение следует отдавать объектам воздействия:

- продуктивные пласты, которые сложены низкопроницаемыми коллекторами с остаточной вертикальной трещиноватостью;

- продуктивность которых в данной скважине ниже, чем у близлежащих скважин, пробуренных на тот же объект.

Скважины могут быть глубиной до 3500 м, с гидростатическим давлением до 80 МПа и температурой обрабатываемого пласта до 100 °С. Кроме того:

- потенциальный дебит (максимальный дебит за всю историю эксплуатации) не менее 3 тонн/сут.;
- толщина перекрывающих и подстилающих экранов – не менее 3 м;
- отношение текущего пластового давления к начальному – от 0,8 до 0,9;
- состояние цементного камня в интервале перфорации ± 10 м хорошее;
- скважина не должна иметь заколонных перетоков;
- зенитный угол ствола скважины в интервале пласта – не более 10°.

Порядок проведения работ по подготовке к ГРП

Перед проведением гидравлического разрыва проводятся следующие мероприятия:

- производится промывка забоя до чистой воды;
- колонна НКТ приподнимается на 5,0 м выше кровли пласта;
- по НКТ производится перфорация зарядами ПКР-42С или при необходимости углублённая перфорация зарядами ПКС-105С, ПЛ-70;
- при необходимости производится очистка эксплуатационной колонны гидравлическим скребком в месте посадки пакера и якоря;
- производится замена эксплуатационной устьевого арматуры на специальную фонтанную арматуру для ГРП;
- в скважину спускаются технологические трубы с пакером и якорем и опрессовочным седлом;
- осуществляется посадка пакера с якорем.

Определение расчётных показателей процесса ГРП

Исходные данные для расчёта приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчёта

Скважина	№ 154
Плотность пластового флюида	783 кг/м ³
Давление в пласте	25,9 МПа
Температура в пласте	42 °С
Пористость	9 %
Динамическая вязкость нефти	$3,08 \cdot 10^{-3}$ Па · с
Дебит скважины до разрыва пласта	13 м ³ /сут.
Эффективная толщина пласта	24,3 м
Проницаемость породы	$0,95 \cdot 10^{-15}$ м ²
Градиент гидроразрыва	0,0175 МПа/м

Характеристики обсадной колонны и НКТ приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики обсадной колонны и НКТ

Характеристика труб	Обсадная колонна	НКТ
Внешний диаметр, м	0,1683	0,0889
Внутренний диаметр, м	0,1504	0,0699
Общая длина, м	2576,9	2264
Интервал перфорации, м	2313,2÷2319,4; 2327,6÷2331,2; 2343,7÷2345,7; 2347,4÷2350,1; 2352,1÷2358,0; 2375,6÷2382,8; 2394,5÷2405,1; 2412,6÷2414,0; 2426,3÷2428,4	
Вертикальная глубина до среднего уровня перфорации, м	2370,6	

Основными расчётными показателями процесса ГРП являются:

- давление разрыва;
- расход рабочих жидкостей и песка;
- радиус трещин;
- проницаемость трещин, призабойной зоны и всей дренажной системы;
- дебит скважины после ГРП;
- тип и количество агрегатов;
- ожидаемая эффективность ГРП.

Давление разрыва пласта:

$$P_{разр} = H \cdot \Delta p^* = 2272 \cdot 0,0175 = 39,76 \text{ МПа}, \quad (1)$$

где H – вертикальная глубина скважины ($H = 2272$ м); Δp^* – градиент гидроразрыва, МПа/м ($\Delta p^* = 0,0175$ МПа/м).

Рабочее забойное давление при ГРП:

$$P_{раб}^{заб} = P_{разр} \cdot \alpha = 39,76 \cdot 1,3 = 51,5 \text{ МПа}. \quad (2)$$

В качестве жидкости разрыва и жидкости-песконосителя используем загущенную нефть с добавкой асфальтита плотностью $\rho_n = 930$ кг/м³, вязкостью $\mu = 200$ мПа · с.

По опытным данным объём жидкости разрыва колеблется в пределах 5–10 м³. Для данной скважины принимаем средний объём $V_p = 8$ м³ нефти. Одновременно жидкость-песконоситель является и жидкостью разрыва.

По данным отечественной и зарубежной практики рекомендуется принимать количество закачиваемого при ГРП песка 8–10 тонн на одну скважину.

Концентрацию песка принимаем $C = 300$ кг/м³. При этом условии объём жидкости-песконосителя должен быть:

$$V_{жп} = \frac{G_{нec}}{C} = \frac{10000}{300} = 33,3 \text{ м}^3. \quad (3)$$

Оптимальная концентрация песка может быть определена на основании скорости падения зёрен песка в принятой рабочей жидкости:

$$C = \frac{4000}{v}, \quad (4)$$

где v – скорость падения зёрен песка диаметром 0,8 мм в м/ч в зависимости от вязкости жидкости.

Находим её по графику зависимости скорости падения зёрен песка от вязкости жидкости-песконосителя. Для данной вязкости жидкости-песконосителя (200 мПа · с)

$$v = 13 \text{ м/ч, тогда } C = \frac{4000}{13} = 308 \text{ кг/м}^3.$$

Следовательно, в объёме 33,3 м³ содержание песка составит:

$$G_{нec} = 308 \cdot 33,3 = 10256 \text{ кг} \approx 10 \text{ тонн}.$$

Необходимый объём продавочной жидкости:

$$V_{раб} = 0,785 \cdot d_e^2 \cdot h = 0,785 \cdot 0,0699^2 \cdot 2576,9 = 12,9 \text{ м}^3, \quad (5)$$

где d_e – внутренний диаметр НКТ.

Общая продолжительность процесса гидроразрыва:

$$t = \frac{V_p + V_{жн} + V_{раб}}{Q_{жс}} = \frac{8 + 33,3 + 12,9}{15 \cdot 10^{-3}} = 3,61 \cdot 10^3 \text{ с} \approx 1 \text{ час}, \quad (6)$$

где $Q_{жс}$ – расход рабочей жидкости, равный $0,015 \text{ м}^3/\text{с}$.

Плотность смеси:

$$\rho_{см} = (\rho_n - \rho_n) \cdot C_0 + \rho_n = (2600 - 930) \cdot 0,106 + 930 = 1100 \text{ кг/м}^3,$$

где C_0 – объёмное содержание песка в смеси:

$$C_0 = \frac{C}{C + \rho_n} = \frac{308}{308 + 930} = 0,106. \quad (7)$$

Вязкость смеси:

$$\mu_{см} = \mu_в \cdot e^{3,18 \cdot C_0} = 0,2 \cdot e^{3,18 \cdot 0,106} = 0,28 \text{ мПа} \cdot \text{с}. \quad (8)$$

Рабочее устьеовое давление при ГРП:

$$P_{раб}^{уст} = P_{раб}^{заб} - P_{ст} + P_{тр}, \quad (9)$$

где $P_{ст}$ – статическое давление столба жидкости в скважине:

$$P_{ст} = \rho_{см} \cdot g \cdot H = 1100 \cdot 9,81 \cdot 2272 = 27,98 \text{ МПа};$$

$P_{тр}$ – потери давления на трение, определяется по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$P_{тр} = \lambda \cdot \frac{16 \cdot \rho_{см} \cdot Q_{жс}^2 \cdot h_{нкт}}{\pi \cdot d_в^5}, \quad (10)$$

где $h_{нкт}$ – общая длина НКТ; λ – коэффициент трения:

$$\lambda = \frac{64}{Re}; \quad (11)$$

Re – число Рейнольдса

$$Re = \frac{4 \cdot Q_{жс} \cdot \rho_{см}}{\pi \cdot d_в \cdot \mu_{см}} = \frac{4 \cdot 0,015 \cdot 1100}{\pi \cdot 0,0699 \cdot 0,28} = 1512; \quad (12)$$

$$\lambda = \frac{64}{1512} = 0,042;$$

$$P_{тр} = 0,042 \cdot \frac{16 \cdot 1100 \cdot 0,015^2 \cdot 2264,9}{\pi \cdot 0,0699^5} = 25,39 \text{ МПа};$$

$$P_{раб}^{уст} = 51,5 - 27,98 + 25,39 = 51,1 \text{ МПа}.$$

Радиус горизонтальной трещины определяем по эмпирической формуле:

$$r_{тр} = C' \cdot \left(Q_{жс} \cdot \sqrt{\frac{\mu \cdot t_p}{k}} \right)^{0,5} = 0,02 \cdot \left(0,015 \cdot \sqrt{\frac{0,2 \cdot 533}{0,95 \cdot 10^{-15}}} \right)^{0,5} = 44,8 \text{ м}, \quad (13)$$

где C' – эмпирический коэффициент, зависящий от горного давления и характеристики горных пород, который для нашей скважины принимается равным $0,02$; t_p –

время закачки жидкости разрыва $t_p = \frac{V_p}{Q_{жс}} = \frac{8}{0,015} = 533 \text{ с}$; μ – вязкость жидкости

разрыва; k – проницаемость породы.

Проницаемость горизонтальной трещины определяем по формуле:

$$k_{mp} = \frac{\omega^2}{12} = \frac{0,0015^2}{12} = 1,88 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2, \quad (14)$$

где ω – ширина трещины (принимаем $\omega = 1,5$ мм).

Проницаемость призабойной зоны пласта будет равна:

$$k_{nz} = \frac{k \cdot h + k_{mp} \cdot \omega}{h + \omega} = \frac{0,95 \cdot 10^{-15} \cdot 24,3 + 1,88 \cdot 10^{-7} \cdot 0,0015}{24,3 + 0,0015} = 1,54 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2, \quad (15)$$

где $h = 24,3$ м – эффективная толщина пласта;

Проницаемость всей дренажной системы рассчитаем по формуле:

$$k_{dc} = \frac{k \cdot k_{nz} \cdot \lg\left(\frac{R_k}{r_{скв}}\right)}{k_{nz} \cdot \lg\left(\frac{R_k}{r_{mp}}\right) + k \cdot \lg\left(\frac{r_{mp}}{r_{скв}}\right)} = \frac{0,95 \cdot 10^{-15} \cdot 1,54 \cdot 10^{-11} \cdot \lg\left(\frac{500}{0,108}\right)}{1,54 \cdot 10^{-11} \cdot \lg\left(\frac{500}{44,8}\right) + 0,95 \cdot 10^{-15} \cdot \lg\left(\frac{44,8}{0,108}\right)} = 3,326 \cdot 10^{-15}, \quad (16)$$

где R_k – радиус контура питания скважины; $r_{скв}$ – радиус забоя скважины (радиус долота) ($r_{скв} = 0,108$ м).

Так как потери напора в трещине очень малы, то можно принять, что максимальный дебит скважины после ГРП с образованием в призабойной зоне горизонтальных или вертикальных трещин может быть найден по формуле:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k_{dc} \cdot h \cdot \Delta P}{\mu \cdot \ln\left(\frac{R_k}{r_{mp}}\right)} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 3,326 \cdot 10^{-15} \cdot 24,8 \cdot 7,5 \cdot 10^6}{3,08 \cdot 10^{-3} \cdot \ln\left(\frac{500}{44,8}\right)} = 5,127 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} = 44,3 \text{ м}^3/\text{сут}. \quad (17)$$

Рабочие жидкости гидроразрыва в скважину закачивают насосными агрегатами 4АН-700.

Необходимое число насосных агрегатов:

$$N = \frac{P_a \cdot Q_{жс}}{P_{раб}^{уст} \cdot Q_a \cdot k_{мс}} + 1 = \frac{55 \cdot 10^6 \cdot 15}{51 \cdot 10^6 \cdot 8 \cdot 0,7} + 1 = 4, \quad (18)$$

где P_a – рабочее давление агрегата ($P_a = 55$ МПа); Q_a – подача агрегата при этом давлении ($Q_a = 8$ л/с); $k_{мс}$ – коэффициент технического состояния агрегата в зависимости от срока службы ($k_{мс} = 0,5-0,8$).

Для смешивания песка с жидкостью применяем специальный пескосмесительный агрегат ЗПА, имеющий бункер на 8 тонн песка и механическую лопастную мешалку. Для доставки к скважине рабочей жидкости применяем автоцистерны ЦР-20 ёмкостью 17 м³. Устьевое оборудование 2АУ-700 предназначено для подключения к устью скважины насосных агрегатов и контрольно-измерительных приборов. Это оборудование состоит из устьевой головки с тремя горизонтальными отводами, распределительного коллектора, металлических шлангов для соединения коллектора с насосными агрегатами и измерительных приборов.

Ожидаемый эффект от ГРП предварительно определяем по приближённой формуле Г.К. Максимовича, в которой радиус скважины $r_{скв}$ после ГРП принимается равным радиусу трещины r_{mp} :

$$\eta = \frac{\lg\left(\frac{R_k}{r_{скв}}\right)}{\lg\left(\frac{R_k}{r_{мп}}\right)} = \frac{\lg\left(\frac{500}{0,108}\right)}{\lg\left(\frac{500}{44,8}\right)} = 3,5. \quad (18)$$

Фактическая эффективность может быть несколько ниже, так как при движении жидкости по трещинам, заполненным песком, происходят не учитываемые формулой небольшие потери напора.

Технико-экономическое обоснование проведения гидравлического разрыва пласта

Средний дебит исследуемой скважины составляет 9,4 тонн/сут., после проведения ГРП дебит ожидается около 34,7 тонн/сут. Следовательно, количество дополнительно добытой нефти составляет 25,3 тонн/сут. Если принять, что одна тонна нефти на мировом рынке стоит примерно 12000 рублей и чистая прибыль предприятия составляет 10 %, то дополнительная прибыль от проведения ГРП в год составит $365 \cdot 12000 \cdot 0,1 \cdot 25,3 = 11081400$ руб. Это сумма превосходит стоимость проведения ГРП, следовательно, мероприятие экономически эффективно и применимо на данной скважине.

Выводы и рекомендации

Учитывая низкую проницаемость коллектора $k = 0,95 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$, в качестве жидкости разрыва используем загущенную нефть с добавкой асфальтита. Жидкость разрыва не должна содержать механических примесей и при соприкосновении с пластовой жидкостью и породой не должна давать нерастворимых осадков. Для заполнения полученных при разрыве трещин и предохранения их от смыкания применяем хорошо отсортированный кварцевый песок (содержание кварца более 90 %). Для наилучшего заполнения полученных клинообразных трещин необходимо сначала закачивать песок из более мелких, а затем из более крупных фракций. Освоение производить плавным увеличением депрессии. В конце периода освоения скважины перед сдачей её в эксплуатацию должно быть проведено её исследование методом установившихся режимов. Процесс последующей эксплуатации скважины должен протекать при сохранении тех же параметров насосной установки, какие были до ГРП.

В последующие несколько месяцев необходимо следить за состоянием скважины путём периодических замеров дебита, газового фактора и обводнённости добываемой жидкости.

Рассмотренные технические средства полностью соответствуют необходимым техническим требованиям и позволяют реализовать спроектированный гидравлический разрыв пласта для Сандивейского месторождения в полном объёме.

По расчётам ожидаемый эффект от ГРП составляет примерно 350 %.

Перед проведением ГРП необходимо провести более детальные и полные исследования механических свойств пород, слагающих коллектор, с целью обоснованного подхода к процессу проектирования гидроразрыва. Также необходимо рассмотреть возможность проведения кислотного ГРП, который в условиях Сандивейского месторождения может оказаться более эффективным и в то же время требующим относительно небольших дополнительных затрат.

Процесс ГРП можно проводить в совокупности с воздействием на коллектор призабойной зоны скважины соляной кислотой (СКО, СКВ) и другими методами интенсификации притока.

Литература:

1. Анализ разработки Сандивейского месторождения ООО «ПечорНИПИнефть»: отчёт. – Ухта : ООО «ПечорНИПИнефть», 2013.
2. Булатов А.И., Савенок О.В. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин» : учебное пособие. – в 4 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013–2014. – Т. 1–4.
3. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин : в 4 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012–2015. – Т. 1–4.
4. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
5. Пластоиспытательное оборудование для гидродинамических исследований пластов нефтяных и газовых скважин / П.С. Варламов [и др.]. – Уфа : Уфимский полиграфкомбинат, 2004. – 620 с.
6. Логинов Б.Г., Блажевич В.А. Гидравлический разрыв пластов : учебное пособие. – М. : Недра, 1966. – 147 с.
7. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.
8. Савенок О.В., Качмар Ю.Д., Яремийчук Р.С. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
9. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин / О.В. Савенок [и др.]. – М.; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
10. Савенок О.В. Проектирование разработки нефтяных месторождений : учебное пособие: в 2 частях. – Ухта : Издательство Ухтинского государственного технического университета, 2021. – Ч. 1–2.
11. Григулецкий В.Г., Савельев Ю.П. Направленный многостадийный гидравлический разрыв пласта. Особенности технологии. Контроль и управление свойствами технологических жидкостей. Часть 1 // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2015. – № 8. – С. 18–25.
12. Григулецкий В.Г., Савельев Ю.П. Направленный многостадийный гидравлический разрыв пласта. О динамических и температурных полях при измерении показателей технологических жидкостей. Часть 2 // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2016. – № 7. – С. 15–20.
13. Куликов Э.В., Залоев П.Д., Лешкович Н.М. Особенности применения ГРП на Приразломном месторождении // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 127–132.
14. Никитин Б.А., Григулецкий В.Г. Стационарный приток нефти к одиночной горизонтальной скважине в анизотропном пласте // Нефтяное хозяйство. – 1992. – № 10. – С. 10–12.
15. Павельева О.Н., Басов А.О., Павельева Ю.Н. Анализ проведения ГРП на переходящем фонде скважин на Приобском месторождении // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 198–200.
16. Эффективные направления совершенствования технологии выработки запасов нефти залежей в верхнекаменноугольных отложениях / Ю.П. Ткаченко [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2005. – № 8. – С. 54–57.
17. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутривыпускного сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 266–271.
18. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Междуна-

родной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 272–277.

19. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

20. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

21. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

22. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.

23. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

24. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

25. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

26. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

27. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

28. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

29. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

30. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

31. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

Literature:

1. Analysis of Sandiveyskoye field development by PechorNIPIneft LLC: Report. – Ukhta : LLC PechorNIPIneft, 2013.
2. Bulatov A.I., Savenok O.V. Workshop on the discipline «Completion of oil and gas wells». Textbook. – in 4 vols. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2013–2014. – V. 1–4.
3. Bulatov A.I., Savenok O.V. Capital underground repair of oil and gas wells : in 4 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2012–2015. – V. 1–4.
4. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremichuk R.S. Scientific bases and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.
5. Plast-testing equipment for hydrodynamic research of oil and gas wells / P.S. Varlamov [et al.] – Ufa : Ufa Printing Works, 2004. – 620 p.
6. Loginov B.G., Blazhevich V.A. Hydraulic fracturing of strata : manual. – M. : Nedra, 1966. – 147 p.
7. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [etc.]. – Novocheerkassk : Publishing house «Lik», 2018. – 292 p.
8. Savenok O.V., Kachmar Y.D., Yaremiichuk R.S. Oil and gas engineering in well development. – M. : Infra-engineering, 2019. – 548 p.
9. Environmental aspects in the construction of oil and gas wells / O.V. Savenok [and others]. – M. ; Vologda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
10. Savenok O.V. Designing the development of oil fields : a training manual: in 2 parts. – Ukhta : Publishing House of Ukhta State Technical University, 2021. – P. 1–2.
11. Griguletsky V.G., Saveliev Y.P. Directional multistage hydraulic fracturing. Features of Technology. Control and management of properties of technological fluids. Part 1 // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2015. – № 8. – P. 18–25.
12. Griguletsky V.G., Saveliev Y.P. Directional multistage hydraulic fracturing. About dynamic and temperature fields when measuring the indicators of technological fluids. Part 2 // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2016. – № 7. – P. 15–20.
13. Kulikov E.V., Zaloev P.D., Leshkovich N.M. Features of hydraulic fracturing application at Prirazlomnoye field // Bulatov readings. – 2017. – V. 2. – P. 127–132.
14. Nikitin B.A., Griguletsky V.G. Stationary oil inflow to a single horizontal well in an anisotropic reservoir // Oil Economy. – 1992. – № 10. – P. 10–12.
15. Pavelieva O.N., Basov A.O., Pavelieva Y.N. Analysis of hydraulic fracturing in the transient well stock at Priobskoe field // Bulatov Readings. – 2017. – V. 2. – P. 198–200.
16. Effective directions of improving the technology of oil reservoir development in the Upper Carboniferous deposits / Yu.P. Tkachenko [et al.] // Neftyanoye osobstvo. – 2005. – № 8. – P. 54–57.
17. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products at Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyan [etc.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – V. 2. – P. 266–271.
18. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoe field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – V. 2. – P. 272–277.
19. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 90–94.
20. Improving the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 95–101.
21. Methods of oil recovery enhancement and limiting factors of application of these methods by the example of the field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] //

Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 399–402.

22. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of downhole equipment / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International scientific-practical conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – V. 3. – P. 258–265.

23. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 185–190.

24. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : Materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 295–300.

25. Application of magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of dual-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 220–223.

26. The solution of the problem of the negative impact of mechanical impurities in the ESP installations on the example of Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 227–231.

27. Development of hydro-jet method of oil recovery / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 323–329.

28. Analysis of the causes of hydrate formation during the operation of wells in gas fields / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 419–423.

29. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells at the gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 424–428.

30. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.

31. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskie readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.

ПРЕДПОСЫЛКИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОТКРЫТИЙ В РОССИИ

PREREQUISITES FOR GEOGRAPHICAL DISCOVERIES IN RUSSIA

Подергина Светлана Олеговна

студентка факультета истории, социологии и международных отношений,
Кубанский государственный университет
spodergina@mail.ru

Аннотация. В статье анализируются предпосылки для географических открытий в России XVI века. К освоению новых земель жителей страны подталкивало само развитие государства, которое значительно расширило свои территории. Государство нуждалось в новых торговых путях, развитии внешней торговли и освоении более плодородных земель.

Ключевые слова: географические открытия, Русское государство, освоение новых земель, поместная система.

Podergina Svetlana Olegovna

Student of the Faculty of History, Sociology and International Relations,
Kuban State University
spodergina@mail.ru

Annotation. The article analyzes the prerequisites for geographical discoveries in Russia of the XVI century. The development of the state itself, which significantly expanded its territories, pushed the residents of the country to develop new lands. The state needed new trade routes, the development of foreign trade and the development of more fertile lands.

Keywords: geographical discoveries, the Russian state, the development of new lands, the local system

Период XV–XVI веков имеет огромное значение для всей русской истории. После падения монгольского ига начинается процесс присоединения утерянных территорий. Некоторые из ордынских «осколков» входят в состав Русского государства, в том числе Сибирское и Поволжские ханства [1, с. 34–36]. В это время происходит процесс формирования единого государства, собирания русских земель вокруг Москвы. Московский князь приобретает статус царя-самодержца. Пережитки периода удельной раздробленности медленно, но верно преодолеваются [2, с. 15–20].

Благодаря присоединению новых территорий Россия становится одним из крупных европейских государств. Происходит рост городов, число которых к концу XVI века было около двухсот. Дальнейшее развитие получает ремесло и торговля. Новые территории нуждаются в хозяйственном освоении, они привлекают переселенцев из других частей Российского государства, страдающих от низкого плодородия почв и невысоких урожаев [3, с. 89–102].

С периода правления Ивана III начинаются устанавливаться тесные сношения со странами Запада и Востока. В 1584 году в России появился новый порт – Архангельск [4, с. 74]. Торговля со странами Востока происходила по Великому Волжскому торговому пути, благодаря присоединению Казанского и Астраханского ханств. Развитие внешней торговли и поиск новых торговых путей через моря служили предпосылками для исследования новых земель.

Еще одной причиной заинтересованности новыми землями было формирование в XVI веке в России поместной системы. Появляется новая категория служилых людей – дворянство, получающая за службу поместья в виде земельных дач [5, с. 80]. Вместе с формированием поместной системы перестраивается система местного самоуправле-

ния, растет авторитет великокняжеской власти и усиливается тенденция эволюции верховной власти к самодержавию [6, с. 76]. Для обеспечения служилого сословия землей необходимо было осваивать новые территории.

Богатство новых земель играло не последнюю роль в их освоении. Почва на новых территориях была плодородной, существовали на них благоприятные факторы для развития промыслов. В северо-восточной части страны получила расцвет охота на пушного зверя. Побережье Белого моря славилось морским и речным рыболовством и промыслом морского зверя. И еще одним богатством этих земель была соль. Важными факторами для освоения северо-восточных земель стали обложение этих территорий данью и защита границ от постоянных набегов сибирских татар и ногайцев [7, с. 511].

В качестве косвенной причины географических открытий можно назвать развитие купечества и возвышение крупных купеческих родов. Так, инициатором первой экспедиции в Сибирь называют купцов Строгановых. Они послали отряд Ермака в плавание по Каме с целью расширения своих владений и подчинения диких земель [8, с. 216]

Таким образом, в качестве предпосылок географических открытий в России XVI в., выступает целый комплекс причин. Самыми главными среди них стоит признать избавление Руси от гнета Золотой Орды и формирование единого централизованного государства, которое присоединяет к своему историческому ядру новые территории, необходимые для хозяйственного освоения.

Литература:

1. Горский А.А. Москва и Орда. – М. : Наука, 2001. – 202 с.
2. Борисов Б.Н. Возвышение Москвы. – М. : Русский Мир, 2011. – 574 с.
3. Степанова Л.Г. Урожайность зерновых культур в конце XV – начале XVI в. (по данным новгородских писцовых книг) // Вестник Московского университета. Серия 8. История. – 2000. – № 5. – С. 89–102.
4. Орлов А.С., Георгиев В.А., Сивохина Т.А. История России с древнейших времен до наших дней. – М. : Проспект, 2001. – 568 с.
5. Муравьева Л.А. Социально-экономическое развитие России в XVI веке // Страницы истории. – 2005. – № 1 (169). – С. 75–84.
6. Степанова Л.Г. Структурно-демографическая теория и история Северо-Запада России XVI века // Российская история. – 2011. – № 4. – С. 73–87.
7. Карамзин Н.М. История государства Российского. В 12 т. – М. : Издательство Юрайт, 2020. – Т. 7–8. – 231 с.
8. Спицын Е.Ю. Древняя и средневековая Русь IX–XVII вв. – М. : Концептуал, 2015. – Кн. 1. – 437 с.

Literature:

1. Gorsky A.A. Moscow and the Horde. – M. : Nauka, 2001. – 202 p.
2. Borisov B.N. The Rise of Moscow. – M. : Russian World, 2011. – 574 p.
3. Stepanova L.G. The yield of grain crops at the end of the XV – beginning of the XVI century (according to the Novgorod scribal books) // Bulletin of the Moscow University. Series 8. History. – 2000. – № 5. – P. 89–102.
4. Orlov A.S., Georgiev V.A., Sivokhina T.A. History of Russia from ancient times to the present day. – M. : Prospekt, 2001. – 568 p.
5. Muravyeva L.A. Socio-economic development of Russia in the XVI century // Pages of history. – 2005. – № 1 (169). – P. 75–84.
6. Stepanova L.G. Structural and demographic theory and history of the North-West of Russia of the XVI century // Russian History. – 2011. – № 4. – P. 73–87.
7. Karamzin N.M. History of the Russian state. In 12 v. – M. : Yurayt Publishing House, 2020. – Vol. 7–8. – 231 p.
8. Spitsyn E.Y. Ancient and medieval Russia of the IX–XVII centuries. – M. : Conceptual, 2015. – Book 1. – 437 p.

ВЛИЯНИЕ ОБЩЕНАЦИОНАЛЬНОГО КРИЗИСА НА ЖИЗНЬ РОССИЙСКОГО ОБЩЕСТВА В НАЧАЛЕ XX ВЕКА

THE IMPACT OF THE NATIONAL CRISIS ON THE LIFE OF RUSSIAN SOCIETY AT THE BEGINNING OF THE XX CENTURY

Попова Ангелина Александровна

студентка экономического факультета,
Кубанский государственный университет
angelinapopova@mail.ru

Аннотация. В статье анализируется влияние общенационального кризиса 1917 г. на повседневную жизнь российского общества. На фоне военных потерь, нехватки продовольствия и резкого падения жизни патриотические настроения, связанные с началом Первой мировой войны, сменились забастовками требованиями о прекращении войны и коренных изменениях в государственном управлении.

Ключевые слова: общенациональный кризис, российское общество, мировая война, революция.

Popova Angelina Alexandrovna

Student of the Faculty of Economics,
Kuban State University
angelinapopova@mail.ru

Annotation. The article analyzes the impact of the national crisis of 1917 on the daily life of Russian society. Against the background of military losses, food shortages and a sharp decline in life, patriotic sentiments associated with the outbreak of the First World War were replaced by strikes demanding an end to the war and fundamental changes in public administration.

Keywords: National crisis, Russian society, World War, revolution.

1 917 г. стал кульминацией нарастания общественного кризиса в России, проявившегося в спаде объемов промышленности, закрытии предприятий, росте стачечного движения, а также погромах в деревне, волнениях на фронте. Распространялись идеи регионального и национального сепаратизма [1, с. 75–76]. Промышленное производство в стране сократилось на 36,4 %. К октябрю 1917 г. было закрыто около 800 крупных предприятий. Это стало одной из причин обострения «топливного голода», который, в свою очередь, отразился и на фронтовой инфраструктуре. Особенно пострадала железнодорожная отрасль: важные транспортные артерии были практически парализованы.

Проблемы возникли и в связях между городом и деревней, поставки из города в деревню сократились, в деревне значительно упал валовый сбор зерна. Промышленный и транспортный кризисы породили в областях, где не было хлебопроизводящей специализации, продовольственный кризис. Из-за роста денежной массы к октябрю 1917 г. покупательная способность рубля упала с 27 до 7 копеек. Страдали от этого, прежде всего, рабочие: зарплата упала на 50 % от довоенного уровня, ощущался недостаток продуктов, были плохими условия труда.

На Кубани к концу войны резко сократилось количество мужского населения, около 35 % хозяйств остались без работников. Основной рабочей силой стали подростки и женщины. Существенно пострадала экономика Кубанской области и Черномор-

ской губернии: с 1914 г. было запрещено вывозить за границу табак, зерно, нефть, из-за чего была потеряна крупная часть доходов [2].

Усугубила ситуацию и вспышка брюшного тифа. В Калужской и Орловской губерниях эпидемия тифа разразилась из-за наплыва беженцев. Очень быстро росли цены на продукты, активно работали перекупщики. Ощущался топливный и транспортный кризис: из Калуги было запрещено вывозить дрова, чтобы не оставить людей без отопления. В Орловской губернии наблюдались большие перебои с доставкой угля [3, с. 133].

В российской провинции к войне поначалу отнеслись как к освободительному мероприятию. Однако большой проблемой стали миграционные процессы, связанные с эвакуацией раненых и беженцев, а также размещением военнопленных. Подобные явления усугубляли продовольственную и экономическую ситуацию, повсеместно начинались вспышки эпидемии тифа. В результате войны страдало население: множество погибших, дефицит продуктов питания, нехватка рабочих рук, невозможность повысить свой жизненный уровень. Все это привело к тому, что к 1916 г. возросло стачечное движение, на фоне которого усилилась деятельность «левых» партий.

К концу войны настроения в обществе стали меняться на фоне военных потерь, нехватки продовольствия и резкого падения уровня жизни. Ломались многие стереотипы, господствующие в российском обществе веками [4, с. 45–50]. Все это стало благоприятной почвой для деятельности политических партий. Население было готово бороться за собственное выживание, поэтому звучали требования о прекращении войны и коренных изменениях в государственном управлении.

Война внесла существенные коррективы в повседневную жизнь населения страны. Менялся традиционный уклад жизни населения, особенно под влиянием миграционных процессов, протекавших в стране в результате военных действий. Население испытывало значительные бытовые трудности, наблюдалась маргинализация общества. В конечном итоге, многие факторы в совокупности привели к общенациональному кризису, повлияли на смену политического строя.

Литература:

1. Шавлохова Е.С., Степанова Л.Г. Власть и общество в России и ее регионах в начале XX века: состояние, тенденции и противоречия развития // Культурная жизнь юга России. – 2014. – № 3 (54). – С. 74–76.
2. Кириченко В.С. Кубань в годы Первой мировой войны [сайт]. – URL : <https://scienceforum.ru/2015/article/2015012632.html> (дата обращения: 24.01.2021).
3. Белова И.Б. Первая мировая война и российская провинция. 1914 – февраль 1917 г. – М. : АИРО-XXI, 2011. – 288 с
4. Мордасова А.А., Степанова Л.Г. Образ России и русских глазами иностранцев // Естественно-гуманитарные исследования. – 2017. – № 16 (2). – С. 45–50.

Literature:

1. Shavlokhova E.S., Stepanova L.G. Power and society in Russia and its regions at the beginning of the twentieth century: state, trends and contradictions of development // Cultural life of the South of Russia. – 2014. – № 3 (54). – P. 74–76.
2. Kirichenko V.S. Kuban during the First World War [website]. – URL : <https://scienceforum.ru/2015/article/2015012632.html> (date of reference: 24.01.2021).
3. Belova I.B. The First World War and the Russian province. 1914 – February 1917. – M. : AIRO-XXI, 2011. – 288 p.
4. Mordasova A.A., Stepanova L.G. The image of Russia and Russians through the eyes of foreigners // Natural-humanitarian studies. – 2017. – № 16 (2). – P. 45–50.

**ПРИМЕНЕНИЕ СТРУЙНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ОСВОЕНИИ,
ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН И ОБРАБОТКАХ
ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ**

**APPLICATION OF JET DEVICES IN THE DEVELOPMENT,
OPERATION OF WELLS AND PROCESSING
OF THE BOTTOM-HOLE ZONE**

Попряга Игорь Александрович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
g_gred@inbox.ru

Колесников Никита Андреевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
Kolesnikov.Nikita@icloud.co

Четт Башар Акрам

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
Basharsheet2@gmail.com

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрено применение струйных аппаратов при освоении, эксплуатации скважин и обработках призабойной зоны.

Ключевые слова: пласт, струйные аппараты, скважина, призабойная зона, депрессия.

Popryaga Igor Aleksandrovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
g_gred@inbox.ru

Kolesnikov Nikita Andreevich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
Kolesnikov.Nikita@icloud.co

Cheet Bashar Akram

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
Basharsheet2@gmail.com

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Annotation. This article discusses the use of jet devices in the development, operation of wells and processing of the bottom-hole zone.

Keywords: formation, jet devices, well, bottom-hole zone, depression.

В отечественной и зарубежной практике начали применять струйные аппараты, с помощью которых можно создавать большие управляемые депрессии на пласт и транспортировать пластовую жидкость из скважин. К основным причинам снижения проницаемости призабойной зоны в процессе эксплуатации скважин (добывающих) относятся: проникновение жидкостей глушения (пресной, соленой воды) в процессе подземного ремонта; выпадение и отложение асфальтено-смоло-парафинистых составляющих нефти; проникновение в призабойную зону скважин мехпримесей и продуктов коррозии металлов при глушении или промывке скважины.

По сравнению с другими техническими средствами вызова притока из пласта струйные насосы имеют существенные преимущества. К ним относятся отсутствие движущихся частей, простота передачи и преобразования энергии, возможность работы в широком диапазоне дебитов скважин, работоспособность при высоком газовом факторе и наличии песка в пластовом флюиде, компактность конструкции и невысокая стоимость. Технология вызова притока с использованием струйных аппаратов разработана в 1980-85 гг. в Ивано-Франковском институте нефти и газа под руководством Р.С. Яремийчука. Эта технология позволяет на стадии освоения скважины создавать многократные мгновенные депрессии и репрессии на пласт. Разработанная в ИФИНГ практика освоения скважин и восстановления фильтрационных свойств пласта за счет создания многократных мгновенных депрессий – репрессий реализуется с помощью высоконапорных струйных аппаратов различной конструкции в сочетании с располагаемым ниже пакером, обеспечивающих заданное снижение давления на пласт в течение определенного времени. Механизм улучшения фильтрационных свойств пород в призабойной зоне состоит в следующем: с помощью мгновенно созданной высокой депрессии на пласт, которая остается постоянной на протяжении заданного времени воздействия, обеспечивается большая скорость движения жидкости из призабойной зоны в скважину. В период воздействия существенно интенсифицируется очистка призабойной зоны потоком жидкости с выносом твердых частиц. При прекращении циркуляции рабочей жидкости через струйный аппарат в стволе скважины восстанавливается гидростатическое давление, передаваемое на пласт. При этом репрессия на него поддерживается в течение планируемого времени. В результате жидкость движется из ствола в пласт, а твердые породные частицы, закупоривающие его, испытывают противоположно направленные нагрузки. Большие депрессии требуются при освоении низкопроницаемых коллекторов. Использование струйных аппаратов позволяет в одном цикле работ при освоении или искусственном воздействии на призабойную зону реализовать следующие виды работ: воздействовать на призабойную зону пласта многократными мгновенными депрессиями и репрессиями; подачу в зону пласта различных химических реагентов с удалением продуктов реакции. Однако эту технологию рекомендуют применять при определенных условиях: пористость и проницаемость продуктивных отложений должны быть ниже, чем критические значения для данного месторождения, продуктивный горизонт должен состоять из устойчивых пород, не разрушающихся при создании многократных мгновенных депрессий в пределах, определенных технологи-

ческим процессом величин и т.д. В качестве технологического раствора для глушения скважины используют техническую воду, обработанную хлористым кальцием либо хлористым натрием.

В 1987 г. группой ученых под руководством Р.С. Яремийчука изобретено устройство для освоения и обработки скважины, позволяющее повысить надежность его работы при одновременной возможности испытания пакера.

Основное внимание следует уделять мероприятиям, позволяющим при освоении максимально очистить призабойную зону пласта и получить дебиты, близкие к потенциальным. В 1988 г. в ИФИНГ созданы технические средства и методы, объединяющие в единую технологическую цепочку процессы вызова притока из пластов, очистки призабойной зоны пласта и контроля качества этих мероприятий. Работы проводят по следующей схеме: выбирают способы вызова притока мероприятия по повышению продуктивности скважин. После вторичного вскрытия пластов в компоновке с пакером спускают в скважину устройство, изготовленное на базе вставного струйного насоса, которое позволяет создавать депрессию на пласт, откачивать пластовый флюид на поверхность. При интенсификации притока нефти и газа были применены струйные аппараты конструкции ИФИНГ: стационарные УОС-1, вставные УЭОС-1. На базе вставной конструкции струйного аппарата выпускаются аппараты УГИП для гидродинамических исследований пласта. Указанные устройства предназначены как для создания длительно действующей депрессии на пласт, так и для воздействия на пласт в режиме депрессия – репрессия.

Струйные аппараты УОС-1 были успешно применены в таких нефтепромысловых районах страны – как Белоруссия, Западная Сибирь (в основном в ПО «Нижневартовскнефтегаз»), Удмуртия, вставные – в ПО «Укрнефть». В этих объединениях струйные аппараты применялись с целью увеличения производительности скважин, улучшения фильтрационных свойств пород на стадии освоения выходящих из бурения скважин.

В работе В.П. Марьенко приведены насосные установки для освоения и эксплуатации скважин, содержащие установленный в скважине струйный насос, силовой насос для подачи рабочей жидкости.

Недостатком этой установки является то, что в период освоения при откачке из скважины жидкости глушения и пластового флюида с повышенным содержанием механических примесей не обеспечивается требуемое качество очистки рабочей жидкости.

В 1998 г. разработана насосная установка для освоения и эксплуатации скважин, содержащая установленный в скважине погружной струйный насос, силовой насос и сепаратор.

В 1991 г. другой группой ученых в ИФИНГ под руководством Я.В. Шановского разработан способ кислотной обработки продуктивного пласта с помощью струйных аппаратов, заключающийся в закачке раствора кислоты и буферной жидкости в пласт при изменяющемся давлении. Затем в скважине создают периодическое чередование постоянных по величине максимально возможных депрессий с репрессиями. Путем создания длительной депрессии проводят откачку продуктов реакции из пласта и освоения скважины.

В 1992 г. разработан способ освоения, исследования и эксплуатации скважин с применением струйных аппаратов, который позволяет осуществлять замер дебита пластовой жидкости и контроль забойного давления на различных режимах дистанционным глубинным манометром с передачей информации по кабелю на поверхность с использованием каротажной станции. Однако данный способ обладает таким недостатком, как высокие материально-технические и трудовые затраты, что существенно удорожает проведение технологического процесса, вследствие чего сужается область его применения. В 1999 г. разработан струйный аппарат для промывки скважин с упрощенной конструкцией уплотнительного пакера и повышенной надежностью разобше-

ния затрубного пространства. Выполнение струйного насоса над пакером позволяет вывести его из зоны отложений, тем самым увеличить его работоспособность в загрязненных скважинах.

Необходимо подчеркнуть значительный вклад В.И. Иванникова в развитие и практику технологии кавитационного воздействия на пласт путем создания высокочастотных ударных волн с помощью кавитатора с целью улучшения добычных возможностей скважин.

В 1996 г. разработана скважинная струйная установка, обеспечивающая повышение КПД путем повышения однородности перекачиваемой среды.

Активная среда по колонне 2 труб подается в активное сопло 4 струйного насоса 3 и, истекая из него, увлекает из скважины в камеру 5 смешения перекачиваемую жидкостную среду. Из камеры 5 смешения смесь сред поступает в диффузор 6, где кинематическая энергия потока частично преобразуется в потенциальную энергию, и из диффузора 6 по затрубному пространству колонны 2 труб смесь сред начинает подаваться потребителю.

В 1998 г. разработаны способ работы насосно-эжекторной скважинной импульсной установки и установка для реализации способа, предназначенная для обработки призабойной зоны пласта. Установка позволяет достичь повышения продуктивности нефтяных и газовых скважин, вводимых в эксплуатацию, восстановления и повышения коэффициента продуктивности нефтяных и газовых скважин после их ремонта. В 1998 г. публикуется статья, посвященная перспективам и результатам применения струйных насосов при поиске, разведке и разработке месторождений. Эта статья явилась обобщением опыта, накопленного авторами при разработке и внедрении специальных конструкций струйных насосов на месторождениях нефти и газа. Приводится описание ЭМПИ эжекторного многофункционального пласт испытателя, предназначенного для проведения технологических операций по исследованию, испытанию и освоению скважин при регулируемом забойном давлении (при депрессии на пласт).

Эжектирующим устройством являются один или несколько высоконапорных струйных насосов, которые могут работать одновременно поочередно в зависимости от дебита скважин. Применение ЭМПИ позволяет кардинально изменить технологию исследования, освоения и интенсификации притока скважин. Это относится к перфорации при депрессии на пласт, многоцикловым гидродинамическим исследованиям. В настоящее время на месторождениях большинства нефтегазовых объединений Западной Сибири начато применение ЭМПИ при освоении капитальных ремонтах нефтяных скважин. В 1998 г. разработана тандемная скважинная струйная установка, предназначенная для повышения продуктивности нефтяных и газовых скважин, вводимых в эксплуатацию, а также после их ремонта. Установка, содержащая струйный насос, снабжена установленным на колонне НКТ со стороны входа в сопло струйным вихревым аппаратом, содержащим полый корпус с боковыми каналами и подключенным к каналу подвода активной среды осевым каналом, установленные в корпусе соосно последнему обтекатель и втулку с винтовыми каналами на ее внутренней поверхности, в корпусе выполнена вихревая камера.

В этот же год разработана струйная скважинная насосная установка, позволяющая повысить эффективность эксплуатации скважины путем регулирования режимов работы пластов.

В 1998 г. в ОАО «Лукойл» разработано устройство, в котором совмещены лучшие качества струйника и гидродинамического пульсатора. Устройство благодаря возможности быстрого перехода из одного режима работы в другой позволяет увеличить эффективность обработок скважин.

В 2001 г. создано устройство для освоения и интенсификации притока пластового флюида, содержащее корпус с радиальными каналами, струйный насос и обратный

клапан. Струйный насос выполнен встроенным и жестко установлен в продольном канале корпуса.

Техническим решением является расширение функциональных возможностей и повышение эффективности работы устройства за счет сокращения сроков освоения скважины.

Существующие известные технологии освоения, исследования и эксплуатации скважин с помощью струйных аппаратов не обеспечивают возможности оперативного контроля забойного давления при проведении технологического процесса и сопровождаются высокими материально-техническими и трудовыми затратами, которые накладывают ограничение на область их применения. Поэтому важной является разработка технологии освоения, исследования и эксплуатации скважин с применением струйных насосов, позволяющей контролировать забойное давление при проведении технологического процесса и отказаться от дорогостоящих и трудоемких работ с использованием каротажной станции.

Литература:

1. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.

2. Кусов Г.В., Савенок О.В. Методы борьбы с АСПО на месторождениях ООО «РН – Краснодарнефтегаз» на примере Успенского и Горя-ключевского участков // Строительство и ремонт скважин – 2010: сборник докладов Международной научно-практической конференции (27 сентября – 02 октября 2010 года, Геленджик, Краснодарский край) / ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо». – Краснодар : ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо», 2010. – С. 147–150.

3. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.

4. Техника и технология восстановления продуктивности скважины № 1273 Уренгойского месторождения путём зарезки бокового ствола / Е.А. Холопов [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 248–266.

5. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.

6. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.

7. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутрипромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.

8. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.

9. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

10. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-

практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

11. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

12. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.

13. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

14. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

15. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

16. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

17. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

18. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

19. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

20. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

21. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

Literature:

1. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.] – Novocherkassk : Publishing house «Lik», 2018. – 292 p.

2. Kusov G.V., Savenok O.V. Methods of struggle against ARPD in the fields of 2RN – Krasnodarneftegaz» on the example of Uspenskoye and Goryaklyuchevskoye areas // Well

Construction and Repair – 2010: collection of reports of the International Scientific-Practical Conference (September 27 – October 02, 2010, Gelendzhik, Krasnodar Territory) / «Research and Production Firm «Nitpo» Ltd. – Krasnodar : LLC Research and Production Firm «Nitpo», 2010. – P. 147–150.

3. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and prospects of development of Lebedinskoye gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.

4. Technique and technology of restoration of productivity of well No. 1273 of Urenogoykoe field by sidetracking / E.A. Kholopov [et al.] // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 248–266.

5. Shiyani S.I., Skiba A.S. Technology of reservoir pressure maintenance system regulation at Abino-Ukrainian field // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 279–288.

6. Shiyani S.I., Muntian V.S. Prospects for the development of the North-Tarasovskoye oil field with the use of energy- and resource-saving technologies // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 289–299.

7. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products at Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.

8. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoye field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.

9. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.

10. Improving the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.

11. Methods of enhanced oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of the field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.

12. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas condensate field and substantiation of downhole equipment used / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.

13. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.

14. Kovalenko D.R., Shiyani S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.

15. Application of magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of dual-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.

16. Solution of the problem of the negative impact of mechanical impurities in the ESP at the example of the Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Suc-

cess : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.

17. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells at gas field / S.I. Shiyani [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.

18. Shiyani S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.

19. Shiyani S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskie readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.

20. Development of hydro-jet method of oil recovery / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.

21. Analysis of the causes of hydrate formation during well operation in gas fields / S.I. Shiyani [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ РЕЗЕРВУАРОВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ

DIAGNOSTICS OF VERTICAL STEEL TANKS

Приходько Марина Геннадьевна

Ассистент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
aniram-m03@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены основные методы неразрушающего контроля, которые позволяют диагностировать состояние резервуаров вертикальных стальных.

Ключевые слова: диагностирование, методы неразрушающего контроля, магнитный метод, течеискание, вакуумный метод контроля.

Prikhodko Marina Gennadyevna

Assistant of the Department of equipment for oil and gas fields,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban state technological University
aniram-m03@mail.ru

Annotation. The main methods of non-destructive testing are considered, which allow diagnosing the state of vertical steel tanks.

Keywords: diagnostics, non-destructive testing methods, magnetic method, leak detection, vacuum testing method.

Обследование резервуара – это комплекс последовательных работ, включающих в себя подготовку, натурное обследование элементов конструкции, оценка технического состояния и составления технического заключения о возможности дальнейшей эксплуатации резервуара.

При полном техническом обследовании резервуар выводится из эксплуатации, опорожняется, зачищается и дегазируется. Специалистами дефектоскопии производится частичное или полное техническое диагностирование резервуаров, включающее в себя ряд мероприятий по своевременному выявлению дефектов, влияющих на эксплуатационную надёжность резервуаров. Неразрушающий контроль начинается с визуально-измерительного контроля, он позволяет оценить общее техническое состояние резервуара. Дальнейшие методы диагностирования, их значение и объекты диагностирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Методы неразрушающего контроля резервуаров

Метод	Значение	Применение
1	2	3
Магнитной памяти	Метод неразрушающего контроля, основанный на анализе распределения собственного магнитного поля растения на поверхности изделий с целью определения зон концентрации напряжений, дефектов неоднородности структуры металла и сварных соединений	Наружная поверхность стенки резервуара

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Магнитного потока рассеяния	<p>Два вращающихся магнитных ярма, через которые проходит переменный ток, бесконтактным способом намагничивают контролируемое изделие в поперечном направлении. Магнитный поток концентрируется на поверхности изделия, что обуславливает высокую чувствительность к поверхностным дефектам в микронном диапазоне, начиная с глубины около 100 мкм. Расстояние между ярмом и объектом контроля составляет несколько миллиметров. Между ярмами помещается контрольная головка с защищенными датчиками, сканирующая поверхность контактным способом. Точечный датчик в каждый момент времени контактирует только с очень малой частью поверхности. Таким образом, даже минимальный дефект поверхности в процентном отношении представляет собой большую неоднородность. На поверхности без дефектов магнитный поток образует замкнутый контур. Непосредственно магнитный поток рассеяния возникает на раскрытых поверхностных дефектах. Чем больше частота тока ярма, тем ближе к поверхности протекает намагничивающий ток (скин-эффект). В местах дефекта магнитный поток выходит на поверхность изделия</p>	Поверхность днищ резервуаров
Ультразвуковой дефектоскопии	<p>Метод, позволяющий осуществлять поиск дефектов в материале ОК (объекта контроля) путём излучения и принятия ультразвуковых колебаний, отраженных от внутренних несплошностей (дефектов), и дальнейшего анализа времени их прихода, амплитуды, формы и других характеристик с помощью специального оборудования</p>	<p>Выявления внутренних и поверхностных дефектов в сварных швах и колошовной зоне основного металла углеродистых и низколегированных конструкционных сталей</p>
Измерения толщины	<p>Основной метода является пьезоэлектрический акустический способ, при котором пьезоэлектрический преобразователь посылает в изделия, после чего принимает отраженные от донной поверхности ультразвуковые колебания, считывает время прохождения данного расстояния и обрабатывает полученные данные. Это позволяет достаточно точно определить толщину измеряемого объекта, не нанося ему при этом никакого вреда</p>	Толщина стенок, днища резервуара
Тепловизионный контроль	<p>Это осмотр объектов в инфракрасном диапазоне спектра, измерения температуры в любой их точке, наблюдения динамики тепловых процессов, а также создание банка данных теплового состояния по каждому из наблюдаемых объектов</p>	Осмотр всего резервуара с расстояния
Электронзондирование	<p>Предусматривает выявление возможных мест утечек нефтепродуктов, скопление ржавчины или грунтовой воды в месте нахождения хлопуна, основываясь на обнаруженных диэлектрических аномалиях</p>	Грунт вблизи резервуара
Акустико-эмиссионный	<p>Используется для контроля и диагностики технического состояния резервуаров в процессе эксплуатации по сигналам акустической эмиссии</p>	Наружная поверхность резервуара
Вакуумный	<p>Проводится теческанием. один из методов неразрушающего контроля, позволяющий обнаруживать дефекты выходящие на поверхность – трещины, раковины, непровары, поры и другие несплошности поверхности и околошовной зоны</p>	Днище и внутренняя поверхность резервуара

Окончание таблицы 1

1	2	3
Магнитная порошковая дефектоскопия	Называемый также методом магнитные суспензии, основан на выявлении нарушения целостности металла по скопленению магнитного порошка около дефекта. В этих местах образуются потоки рассеивания и возникают магнитные полюса, притягивающие частички порошка	Сварные соединения швов на внутренней поверхности резервуара
Капиллярная дефектоскопия	Предназначена для обнаружения поверхностных и сквозных дефектов в объектах контроля, определения их расположения, протяженности для протяжённых дефектов типа не проваров и трещин и их ориентации на поверхности. Основан на капиллярном проникновении внутрь дефекта индикаторных жидкостей и последующей регистрации индикаторных следов, благодаря чему также носит название цветная дефектоскопия	Сварные соединения на всех поверхностях резервуара
Спектральный анализ	Позволяет быстро и с большой степенью достоверности определить элементный состав исследуемых образцов. основан на изучении спектров взаимодействия материи с излучением	Поверхность металла
Радиографический	Рентгенографический контроль производится с целью выявления поверхностных и внутренних дефектов, к примеру газовых пор, микротрещин, подрезов и шлаковых включений. Основан данный метод дефектоскопии на различном поглощении материалами рентгеновских лучей	Наружная поверхность резервуара, сварные соединения

Литература:

1. Решение проблем газификации регионов России путем создания автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады. – Екатеринбург, 2020. – С. 182–185.

2. Об одной математической модели в задаче гидроразрыва нефтеносного пласта / В.И. Дунаев [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 10 (334). – С. 39–41.

3. Классификация современных методов неразрушающего контроля. Возможность применения для диагностики оборудования нефтегазовой отрасли / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 138–142.

4. Совершенствование технологии борьбы с гидратообразованием / А.В. Поляков [и др.] // В сборнике: Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 181–183.

5. Мозговой Д.Н., Ханюченко Н.Д. Проведение основных диагностических испытаний перед ГРП // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 255–257.

6. Современные конструкции уплотняющих затворов плавающих крыш вертикальных стальных резервуаров / Е.И. Величко [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 7 (331). – С. 49–53.

7. Влияние отложений на лопатках на работу нагнетателя газоперекачивающего агрегата / П.С. Кунина [и др.] // Нефть. Газ. Новации. – 2018. – № 5. – С. 55–57.

Literature:

1. Solving the problems of gasification of Russian regions by creating autonomous gas supply systems / S.I. Shiyan [etc.] // Technological equipment for mining and oil and gas industry. Proceedings of XVIII International Scientific and Technical Conference «Readings in memory of V.R. Kubachek», held within the framework of the Ural Mining and Industrial Decade. – Ekaterinburg, 2020. – P. 182–185.
2. About one mathematical model in the task of oil-bearing formation hydraulic fracturing / V.I. Dunayev [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 10 (334). – P. 39–41.
3. Classification of modern methods of non-destructive testing. Possibility of application for diagnostics of the oil and gas industry equipment / A.V. Poliakov [et al.] // Nauka. New generation. Success: materials of International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 138–142.
4. Improving the technology of fighting hydrate formation / A.V. Polyakov [et al.] // In the collection: Science. New generation. Success : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference on the 75th Anniversary of Victory in the Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 181–183.
5. Mozgovoy D.N., Khanyuchenko N.D. Carrying out basic diagnostic tests before hydraulic fracturing // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference: in 3 v. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 255–257.
6. Modern designs of sealing gates of floating roofs of vertical steel tanks / E.I. Velichko [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 7 (331). – P. 49–53.
7. Influence of deposits on the blades on the work of the gas-compressor unit blower / P.S. Kunina [et al.] // Oil. Gas. novation. – 2018. – № 5. – P. 55–57.

СВАРИВАЕМОСТЬ СТАЛЕЙ

WELDABILITY OF STEELS

Приходько Марина Геннадьевна

Ассистент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
aniram-m03@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены условия свариваемости сталей, имеющих различные свойства и показатели свариваемости в различных условиях.

Ключевые слова: сварка, характеристики сталей, жаропрочность, сварное соединение, группа свариваемости.

Prikhodko Marina Gennadyevna

Assistant of the Department of equipment for oil and gas fields,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban state technological University
aniram-m03@mail.ru

Annotation. The conditions of weldability of steels with different properties and indicators of weldability in different conditions are considered.

Keywords: welding, characteristics of steels, heat resistance, welded joint, weldability group.

Свариваемость является одной из важнейших характеристик сталей, применяемых в сварных конструкциях. В сварочной практике существует понятие физической и технологической свариваемости. Физическая свариваемость подразумевает возможность получения монолитных сварных соединений с химической связью. Такой свариваемостью обладают практически все технические сплавы и чистые металлы, а также ряд сочетаний металлов с неметаллами.

Технологическая свариваемость – это характеристика металла, определяющая его реакцию на воздействие сварки и способность образовывать сварное соединение с заданными эксплуатационными свойствами. В этом случае свариваемость рассматривается как степень соответствия свойств сварных соединений одноименным свойствам основного металла или их нормативным значениям.

Поскольку количество показателей, характеризующих свойства основного металла велико, то свариваемость является комплексной характеристикой, включающей следующие основные показатели:

- реакция металла на термомеханический цикл сварки, проявляющийся в склонности к росту зерна, структурным и фазовым изменениям в металле шва и ЗТВ;
- сопротивляемость образованию горячих трещин;
- сопротивляемость образованию холодных трещин;
- чувствительность к порообразованию;
- соответствие свойств сварного соединения заданным эксплуатационным требованиям по прочности, пластичности, выносливости, ползучести, жаростойкости, жаропрочности, коррозионной стойкости и т.п.;

Показатели свариваемости, как одиночные, так и представляющие собой сочетание нескольких показателей, служат основанием для выбора способа сварки, сварочных

материалов, применения регулирования технологических параметров сварочных процессов.

Общим для всех показателей свариваемости является их зависимость от химического состава стали и структурно-фазового состояния сварного соединения.

Эксплуатационные свойства сварных конструкций определяются предъявляемыми к ним техническими требованиями. Это может быть одно свойство или комплекс свойств в зависимости от назначения конструкции. Если требования к эксплуатационным свойствам сварных соединений с принятыми допущениями удовлетворяются, то свариваемость материалов считается достаточной. Если не обеспечивается минимально приемлемый уровень хотя бы одного из эксплуатационных свойств сварного соединения, то свариваемость материалов считается недостаточной. Следует отметить, что свариваемость одного и того же материала может быть различно оценена от назначения изделия.

Технологическая свариваемость сталей подразделяется на четыре группы: хорошую, удовлетворительную, ограниченную и плохую (табл. 1). Когда в заданных технологических и конструктивных условиях удовлетворяются требуемые эксплуатационные свойства сварных соединений, свариваемость классифицируется как хорошая.

Таблица 1 – Группы свариваемости сталей

Группа	Свариваемость	Характеристика	Примеры марок стали
I	Хорошая	Свариваются любыми способами без применения особых приемов с получением сварных соединений высокого качества	ВСт2, ВСт3, 10, 15, 10Г2, 09Г2С, 16ГС, 10ХСНД, 12Х18Н10Т
II	Удовлетворительная	Требуется строгое соблюдение режимов сварки, применение специального присадочного материала, тщательная очистка свариваемых кромок, нормальные температурные условия, в отдельных случаях – предварительный и сопутствующий подогрев до 100-150°C, термическая обработка.	15Г2СФ, 12Г2СМФ, 35Х, 30Г, 30ХМ, 20ХН3А, 30ХГС, 15Х12ВНМФ, 20Х13
III	Ограниченная	Для получения высококачественного сварного соединения необходимы дополнительные операции: подогрев, предварительная и последующая термообработка, проковка швов и др. Склонны к образованию трещин при сварке без подогрева.	35, 40, 40Х, 50Г, 40ХФА, 45ХН2МФА, 30ХН3А, 38ХГН, 40Х2Н2МА, 12Х17
IV	Плохая	Высокая чувствительность к появлению трещин в шве и околшовной зоне несмотря на применение специальных технологических мер: подогрева, промежуточного отпуска и т. д. Последующая термообработка обязательна. Качество сварных соединений пониженное. Стали этой группы обычно не применяют для изготовления сварных конструкций.	55, 60, У7, У8

При недостаточной свариваемости: удовлетворительная соответствует случаю, когда достаточную свариваемость можно обеспечить выбором рационального режима сварки; ограниченная, когда для этой цели необходимо применять специальные технологические мероприятия или изменить способ сварки; плохая, когда никакими мерами невозможно достичь достаточной свариваемости.

Многие металлоконструкции в нефтяной и газовой промышленности являются, как правило, сварными и поэтому требуют для своего изготовления, хорошо свариваемые стали. Термин «хорошо свариваемая сталь» следует понимать как сталь, которая сваривается всеми видами сварки и, прежде всего, ручной дуговой сваркой, автоматической сваркой под флюсом и сваркой в защитных газах.

Литература:

1. Решение проблем газификации регионов России путем создания автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады. – Екатеринбург, 2020. – С. 182–185.

2. Классификация современных методов неразрушающего контроля. Возможность применения для диагностики оборудования нефтегазовой отрасли / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 138–142.

3. Совершенствование технологии борьбы с гидратообразованием / А.В. Поляков [и др.] // В сборнике: Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 181–183.

4. Мозговой Д.Н., Ханюченко Н.Д. Проведение основных диагностических испытаний перед ГРП // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 255–257.

5. Современные конструкции уплотняющих затворов плавающих крыш вертикальных стальных резервуаров / Е.И. Величко [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 7 (331). – С. 49–53.

6. Влияние отложений на лопатках на работу нагнетателя газоперекачивающего агрегата / П.С. Кунина [и др.] // Нефть. Газ. Новации. – 2018. – № 5. – С. 55–57.

Literature:

1. Solving the problems of gasification of Russian regions by creating autonomous gas supply systems / S.I. Shiyani [etc.] // Technological equipment for mining and oil and gas industry. Proceedings of XVIII International Scientific and Technical Conference «Readings in memory of V.R. Kubachek», held within the framework of the Ural Mining and Industrial Decade. – Ekaterinburg, 2020. – P. 182–185.

2. Classification of modern methods of non-destructive testing. Possibility of application for diagnostics of the oil and gas industry equipment / A.V. Polyakov [et al.] // Nauka. New generation. Success: materials of International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 138–142.

3. Improving the technology of fighting hydrate formation / A.V. Polyakov [et al.] // In the collection: Science. New generation. Success : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference on the 75th Anniversary of Victory in the Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 181–183.

4. Mozgovoy D.N., Khanyuchenko N.D. Carrying out basic diagnostic tests before hydraulic fracturing // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference: in 3 v. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 255–257.

5. Modern designs of sealing gates of floating roofs of vertical steel tanks / E.I. Velichko [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 7 (331). – P. 49–53.

6. Influence of deposits on the blades on the work of the gas-compressor unit blower / P.S. Kunina [et al.] // Oil. Gas. novation. – 2018. – № 5. – P. 55–57.

ТЕХНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

TECHNICAL CRITERIA FOR DIAGNOSIS

Приходько Марина Геннадьевна

Ассистент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
aniram-m03@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены основные критерии, характеризующие состояние оборудования, а также необходимые параметры для диагностирования объектов газонефтепроводных систем и выявления их неисправностей.

Ключевые слова: диагностирование, технические, технологические, технико-экономические критерии, объект, алгоритм диагностирования.

Prikhodko Marina Gennadyevna

Assistant of the Department of equipment for oil and gas fields,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban state technological University
aniram-m03@mail.ru

Annotation. The main criteria characterizing the condition of the equipment, as well as the necessary parameters for diagnosing objects of gas and oil transportation systems and identifying their malfunctions, are considered.

Keywords: diagnostics, technical, technological, technical and economic criteria, object, diagnostics algorithm.

Диагностирование – одна из важных мер обеспечения и поддержания надёжности технических объектов. Возможность обнаружения изменений технического состояния агрегата на ранней стадии их возникновения обусловлена достаточной параметрической избыточностью и медленно протекающими процессами снижения работоспособности. Объект и средства его диагностирования в совокупности образуют систему диагностирования. Взаимодействуя между собой, объект и средства реализуют некоторый алгоритм диагностирования. Результатом является заключение о техническом состоянии объекта – технический диагноз.

Различают виды тестового и функционального диагностирования. Виды (и системы на их основе) первого типа применяют при изготовлении объекта, во время его ремонта и профилактики и при хранении, а также перед применением и после него, когда необходимы проверка исправности объекта или его работоспособности и поиск дефектов. В этом случае на объект диагностирования подаются специально организуемые тестовые воздействия. Виды (и системы на их основе) второго типа применяют при использовании объекта по назначению, когда необходимы проверка правильности функционирования и поиск дефектов, нарушающих последнее. При этом на объект поступают только предусмотренные его алгоритмом функционирования (рабочие) воздействия.

В изучении объектов большое значение имеет их классификация по различным признакам, например, по характеру изменения значений параметров, по виду потребляемой энергии и т.п. Изучение дефектов проводится с целью определения их природы,

причин и вероятностей возникновения, физических условий их проявления, условий обнаружения и т.п.

Алгоритм диагностирования предусматривает выполнение некоторой условной или безусловной последовательности определённых экспериментов с объектом.

Различают алгоритмы проверки и алгоритмы поиска. Алгоритмы проверки позволяют обнаружить наличие дефектов, нарушающих исправность объекта, его работоспособность или правильность функционирования. По результатам экспериментов, проведённых в соответствии с алгоритмом поиска, можно указать, какой дефект или группа дефектов (из числа рассматриваемых) имеются в объекте.

При техническом диагностировании машин часто приходится оценивать состояние отдельных агрегатов по обобщенным параметрам, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры диагностирования

Параметры	Обозначение	Примеры
Обобщенный	Диагностический параметр, характеризующий техническое состояние несколько составных частей машины, например, эффективная мощность двигателя, удельный расход топлива, время подъема навесного орудия	Удельный расход топлива характеризует состояние топливной аппаратуры, механизма газораспределения, цилиндропоршневой группы, воздухоочистительной системы дизеля
Ресурсный	Параметр, предельное значение которого, обуславливает утрату работоспособности объекта в силу исчерпания ресурса. Этот параметр восстанавливается посредством ремонта или замены составной части	Зазоры в сопряжениях гильза – поршень, подшипник – шейка вала, износ сопряженный клапан – гнездо, игла – корпус распылителя форсунки, износ фрикционных накладок, шестерен, шлицев, валов
Функциональный	Параметр, выход которого за предельное значение обуславливает утрату работоспособности или неисправность составных частей. Его восстанавливают при техническом обслуживании или текущем ремонте	Эффективная мощность двигателя, частота вращения коленчатого вала, фазы топливоподачи и газораспределения, тепловой зазор в клапанном механизме, подача масляного насоса, давление открытия перепускного и предохранительного клапанов, давление воздуха в шинах, углы установки управляемых колес, напряжение на элементах аккумуляторной батареи
Структурные	Характеризуют работоспособность объекта и обуславливают техническое состояние объекта	Зазоры, износы, натяги в сопряжениях, геометрическая форма, размер детали, физико-механические свойства материала, выходные и технические характеристики машины и ее составных частей и др.
Диагностические	Косвенно характеризуют работоспособность или исправность объекта. Преимущество диагностических параметров перед структурными состоит в том, что их контроль не требует, как правило, разборки агрегата. Контроль по структурным параметрам широко используют при ремонте (дефектации)	Давление и расход топлива и масла; температура масла, охлаждающей жидкости, корпусных деталей; время подъема навесной машины; усадка штока силового цилиндра и т.п.

Технические критерии – к этой группе относят случаи, когда достигшие предельного состояния детали не могут больше выполнять свои функции по техническим причинам (например, предельное увеличение шага гусеничной цепи вызывает ее спадание), либо когда дальнейшая эксплуатация их доводит до аварийного отказа (например, работа двигателя с предельными зазорами в сопряжениях палец – бобышки поршня, в шатунных и коренных подшипниках приводит к стукам, разрушениям деталей и аварийному отказу двигателя, при котором могут быть разрушены и другие сопряженные детали).

Технико-экономические критерии определяют предельное состояние объекта в том случае, когда в результате изменения технического состояния изменяются определенные свойства объекта, снижающие эффективность его использования.

Технологические критерии характеризуют резкое ухудшение качества выполнения работ по причине предельного состояния рабочих органов машин. Например, износ дисков сошников приводит к неправильной заделке семян, затупление лемехов плуга – к некачественной пахоте и др.

Так же существуют характеристики параметров состояния, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики параметров состояния

Характеристики	Определение
Случайная скорость изменения параметра	Обусловлена неодинаковыми конструктивно-технологическими факторами у различных объектов – технологическим рассеиванием значений твердости трущихся поверхностей, чистоты их обработки, установочных зазоров и т.п.
Отклонение	Под влиянием эксплуатационных факторов происходит уже не по плавной, а по ломаной возрастающей кривой, причем резкое увеличение скорости изменения параметра в отдельные моменты вызвано случайными неблагоприятными условиями или субъективными факторами (большие нагрузки, запыленность воздуха при пахоте, неправильная регулировка сборочных единиц, недостаточное смазывание и т. д.). С другой стороны, периодам малой скорости изменения параметра соответствуют случайные благоприятные условия работы
Динамика	Т. е. изменение во времени диагностического параметра, косвенно характеризующего отклонение одного или нескольких структурных, также может быть выражена возрастающей кривой. Отличительная особенность ее заключается в относительно больших изломах и в ряде случаев немонотонном возрастании. Это объясняется влиянием на диагностический параметр других, не связанных со структурными параметрами факторов, в том числе погрешностью измерения диагностического параметра
Достоверность	Результат диагностирования характеризует способность методов и средств диагностирования (измерений) правильно устанавливать фактическое состояние объекта диагностирования. Зависит от совершенства методов диагностирования и правильности выбора контролируемых параметров
Точность	Результат диагностирования зависит, прежде всего, от правильности выбора проверяемых параметров и степени совершенства средств диагностирования, обуславливающих методическую и инструментальную погрешности

Литература:

1. Решение проблем газификации регионов России путем создания автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады. – Екатеринбург, 2020. – С. 182–185.

2. Об одной математической модели в задаче гидроразрыва нефтеносного пласта / В.И. Дунаев [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 10 (334). – С. 39–41.

3. Классификация современных методов неразрушающего контроля. Возможность применения для диагностики оборудования нефтегазовой отрасли / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 138–142.

4. Совершенствование технологии борьбы с гидратообразованием / А.В. Поляков [и др.] // В сборнике: Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 181–183.

5. Мозговой Д.Н., Ханюченко Н.Д. Проведение основных диагностических испытаний перед ГРП // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 255–257.

6. Современные конструкции уплотняющих затворов плавающих крыш вертикальных стальных резервуаров / Е.И. Величко [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 7 (331). – С. 49–53.

7. Влияние отложений на лопатках на работу нагнетателя газоперекачивающего агрегата / П.С. Кунина [и др.] // Нефть. Газ. Новации. – 2018. – № 5. – С. 55–57.

Literature:

1. Solving the problems of gasification of Russian regions by creating autonomous gas supply systems / S.I. Shiyan [etc.] // Technological equipment for mining and oil and gas industry. Proceedings of XVIII International Scientific and Technical Conference «Readings in memory of V.R. Kubachek», held within the framework of the Ural Mining and Industrial Decade. – Ekaterinburg, 2020. – P. 182–185.

2. About one mathematical model in the task of oil-bearing formation hydraulic fracturing / V.I. Dunayev [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 10 (334). – P. 39–41.

3. Classification of modern methods of non-destructive testing. Possibility of application for diagnostics of the oil and gas industry equipment / A.V. Poliakov [et al.] // Nauka. New generation. Success: materials of International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 138–142.

4. Improving the technology of fighting hydrate formation / A.V. Polyakov [et al.] // In the collection: Science. New generation. Success : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference on the 75th Anniversary of Victory in the Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 181–183.

5. Mozgovoy D.N., Khanyuchenko N.D. Carrying out basic diagnostic tests before hydraulic fracturing // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference: in 3 v. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 255–257.

6. Modern designs of sealing gates of floating roofs of vertical steel tanks / E.I. Velichko [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 7 (331). – P. 49–53.

7. Influence of deposits on the blades on the work of the gas-compressor unit blower / P.S. Kunina [et al.] // Oil. Gas. novation. – 2018. – № 5. – P. 55–57.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ВОЗМОЖНОСТЯМ РЕНТАБЕЛЬНОГО ВЫДЕЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ИЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

NEW APPROACHES TO TECHNOLOGICAL POSSIBILITIES OF COST-EFFECTIVE EXTRACTION OF METALS FROM HYDROCARBON RAW MATERIALS

Приходько Марина Геннадьевна

ассистент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
aniram-m03@mail.ru

Кузнецова Арина Витальевна

студент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
a.v.kuznetsova98@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются новые подходы к технологическим возможностям рентабельного выделения металлов из углеводородного сырья.

Ключевые слова: металлы, углеводородное сырье, термическая переработка.

Prikhodko Marina Gennadevna

Assistant of the Department of equipment for oil and gas fields,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban State Technological University
aniram-m03@mail.ru

Kuznetsova Arina Vitalievna

Student of the Department of equipment for oil and gas fields
Institute «Oil, gas and energy»
Kuban State Technological University
a.v.kuznetsova98@yandex.ru

Annotation. This article discusses new approaches to the technological capabilities of the cost-effective separation of metals from hydrocarbons.

Keywords: metals, hydrocarbon raw materials, thermal processing.

Тяжелые нефти необходимо рассматривать как комплексное сырье, так как концентрация ценных металлов в тяжелых углеводородах (ТУ) сравнима (а иногда и превосходит) минимальные содержания этих металлов в традиционном промышленном рудном сырье. Возможность извлечения металлов из тяжелых углеводородов различного генезиса повышает их товарную ценность.

Основным из новых и рентабельных способов выделения металлов из углеводородного сырья является обработка тяжелого нефтяного сырья низкотемпературной плазмой, образуемой сверхвысокочастотным (СВЧ) электромагнитным излучением. Способ осуществляется следующим образом. В обогреваемый реактор, снабженный

электродом со сквозным отверстием для подачи инертного газа – аргона, загружают тяжелое нефтяное сырье. Через электрод подают инертный газ, после чего включают питание и генерируют плазму. На кончике электрода инициируется пробой с дальнейшим образованием газовых пузырей, температура внутри которых достигает 1500 К. Обработку нефтяного сырья проводят в течение 2 минут. В качестве обрабатываемого образца используется тяжелое нефтяное сырье с плотностью от 900 до 1100 кг/м.

В качестве материала для электрода используется медный стержень. Способ позволяет получить концентрат ценных металлов, таких как Ni, V, Mo, Co, Cu, Zn и других, содержащихся в нефтяном сырье. Технический результат данного способа – получение из тяжелого нефтяного сырья твердого продукта – концентрата ценных металлов. Тяжелое нефтяное сырье характеризуется повышенным содержанием соединений некоторых ценных металлов (V, Ni, Mo, Co и др.), которые практически теряются при переработке такого вида сырья традиционными методами. Существующие термические методы выделения металлов из тяжелого нефтяного сырья (деметаллизация), либо не дают требуемой степени очистки сырья от соединений металлов, либо их использование в промышленном масштабе экономически не целесообразно (многостадийные, энергозатратные и капиталоемкие).

Настоящее изобретение относится к области нефтяной, нефтехимической промышленности и, более конкретно, к способам выделения концентрата ценных металлов из тяжелого нефтяного сырья (тяжелых нефтей, битумов, гудронов и других тяжелых продуктов переработки нефти) с использованием низкотемпературной плазмы, образующей сверхвысокочастотным (СВЧ) электромагнитным излучением.

Исходя из этого, описанный выше способ является полностью рентабельным и целесообразным.

Литература:

1. Решение проблем газификации регионов России путем создания автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады. – Екатеринбург, 2020. – С. 182–185.

2. Об одной математической модели в задаче гидроразрыва нефтеносного пласта / В.И. Дунаев [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 10 (334). – С. 39–41.

3. Классификация современных методов неразрушающего контроля. Возможность применения для диагностики оборудования нефтегазовой отрасли / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 138–142.

4. Совершенствование технологии борьбы с гидратообразованием / А.В. Поляков [и др.] // В сборнике: Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 181–183.

5. Мозговой Д.Н., Ханюченко Н.Д. Проведение основных диагностических испытаний перед ГРП // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 255–257.

Literature:

1. Solving the problems of gasification of Russian regions by creating autonomous gas supply systems / S.I. Shiyan [etc.] // Technological equipment for mining and oil and gas in-

dustry. Proceedings of XVIII International Scientific and Technical Conference «Readings in memory of V.R. Kubachek», held within the framework of the Ural Mining and Industrial Decade. – Ekaterinburg, 2020. – P. 182–185.

2. About one mathematical model in the task of oil-bearing formation hydraulic fracturing / V.I. Dunayev [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 10 (334). – P. 39–41.

3. Classification of modern methods of non-destructive testing. Possibility of application for diagnostics of the oil and gas industry equipment / A.V. Poliakov [et al.] // Nauka. New generation. Success: materials of International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 138–142.

4. Improving the technology of fighting hydrate formation / A.V. Polyakov [et al.] // In the collection: Science. New generation. Success : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference on the 75th Anniversary of Victory in the Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 181–183.

5. Mozgovoy D.N., Khanyuchenko N.D. Carrying out basic diagnostic tests before hydraulic fracturing // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference: in 3 v. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 255–257.

**ПРОГРАММА ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИХ
МЕРОПРИЯТИЙ НА ВОСТОЧНО-УРЕНГОЙСКОМ
НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

**PROGRAM OF GEOLOGICAL AND TECHNICAL MEASURES
AT THE VOSTOCHNO-URENGOI OIL AND GAS
CONDENSATE FIELD**

Самайкин Максим Дмитриевич

студент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
samaykin.m23@gmail.com

Шавинян Давид Камоевич

студент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
Shavinyan.01@mail.ru

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрена программа применения геолого-технических мероприятий для интенсификации добычи нефти, газа и газового конденсата на нефтегазоконденсатном месторождении.

Ключевые слова: программа применения, геолого-технические мероприятия, нефтегазоконденсатное месторождение, интенсификация добычи.

Samaykin Maksim Dmitrievich

Student of department «Equipment of oil and gas fields»,
Kuban state technological university
samaykin.m23@gmail.com

Shavinyan David Kamoevich

Student of department «Equipment of oil and gas fields»,
Kuban state technological university
Shavinyan.01@mail.ru

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Annotation: This article discusses a program for the application of geological and technical measures for the intensification of oil, gas and gas condensate production at an oil and gas condensate field.

Keywords: application program, geological and technical measures, oil and gas condensate field, production intensification.

Восточно-Уренгойское нефтегазоконденсатное месторождение находится в северной части Западно-Сибирской равнины, в бассейне реки Пур. Административно месторождение расположено в Пуровском районе Ямало-Ненецкого автономного округа.

В физико-географическом отношении месторождение располагается в Уренгойском нефтегазоносном районе Надым-Пурской нефтегазоносной области на границе двух типов морфоструктур: Пурской низменности и Ненецкой возвышенности.

Несмотря на то, что накопленные показатели проекта по состоянию на 01.01.2018 года по добыче газа и конденсата практически достигнуты, фактическая добыча газа и конденсата за 2017 год ниже прогнозной на 15% – причина недобора заключается в отставании фактического фонда скважин, а также более низких показателей его эксплуатации по сравнению с проектными.

С целью достижения проектных уровней добычи углеводородов и обеспечения оптимальной эффективности системы разработки компанией «Севернефть-Уренгой» была разработана программа геолого-технических мероприятий. Программа была разработана с учетом экономической и технологической эффективности ГТМ для Валанжинских залежей Уренгойского региона.

Для интенсификации добычи нефти, газа и конденсата и увеличения конечных КИГ и КИН на Западно-Ярояхинском ЛПУ запланированы следующие виды геолого-технических мероприятий: гидроразрывы пласта, как вновь пробуренных скважин, так и повторные операции ГРП на существующем фонде газовых скважин, операции ЗБС и ЗБГС.

Дополнительная добыча газа за проектный период от ГТМ составит – 4769 млн. м³.

Дополнительная добыча конденсата за проектный период от ГТМ составит – 1035 тыс. т.

По мере реализации программы полномасштабного освоения всего проектного блока комплекс ГТМ, безусловно, потребуются корректировать с учетом текущей ситуации на месторождении.

Программа геолого-технических мероприятий представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Эффективность применения ГТМ и новых методов повышения КИК и интенсификации добычи газа, конденсата и прогноз их применения

Виды ГТМ	Годы разработки								Итого за прогнозный период	Всего
	Факт	Прогнозный период по проекту								
		2014	2015	2016	2017	2018-2031	2032	2033-2039		
1. ЗБС, ЗБГС										
ООО «Севернефть-Уренгой»										
а) количество проведенных (прогноз.) операций		2	3	2	2				9	9
б) доп. добыча газа, млн. м ³		35,0	160,7	218,5	230,8	3215,6	126,1	213,8	4200,5	4200,5
в) доп. добыча конденсата, тыс. т		6,3	28,4	41,4	44,0	490,1	24,1	44,9	679,2	679,2
2. ГРП										
ООО «Севернефть-Уренгой»										
а) количество проведенных (прогноз.) операций	24			2	2				4	28
б) доп. добыча газа, млн. м ³	1210,6			27,3	79,3	253,1			359,7	1570,3
в) доп. добыча конденсата, тыс. т	225,6			10,9	29,6	90,2			130,7	356,3

Выводы и рекомендации:

1. Для устранения кольматажа призабойной зоны пласта допустимо применять малообъемный разрыв пласта.

2. Для обеспечения высоких дебитов и уменьшения объемов эксплуатационного бурения рекомендуется строительство горизонтальных и пологих скважин.

3. Для очистки и повышения продуктивности призабойной зоны пласта допустимо применение кислотных обработок.

4. Для ликвидации мест прорыва газа в скважинах рекомендуется применение технологий с применением полиуретана. Пред установкой цементного кольца в колонное пространство или в пласт закачивать полиуретан, что значительно повысит качество и надежность выполненных ремонтно-изоляционных работ.

5. Для снижения обводненности продукции на скважинах месторождения рекомендуется применять изолирующие материалы группы АКОР БН, так как при взаимодействии данных материалов с водой достигается наиболее длительный водоизолирующий эффект.

При изменениях режима работы скважин загидрачивание следует предотвращать закачкой метанола. При стабильной работе скважины следует, по результатам исследования, определять безгидратный режим. Если безгидратный режим невозможен, то для предотвращения гидратообразования можно установить в скважину греющий кабель.

Литература:

1. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.

2. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.

3. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутрипромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.

4. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.

5. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

6. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

7. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1 – С. 399–402.

8. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.

9. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

10. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

11. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

12. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

13. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

14. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

15. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

16. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

17. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

18. Хрупкое разрушение горных пород / В.И. Дунаев [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 6 (330). – С. 18–20.

19. Сухин А.А., Шиян С.И. Анализ методов борьбы с гидратами на Астраханском газоконденсатном месторождении // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 383–392.

Literature:

1. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremichuk R.S. Scientific basis and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.

2. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.] – Novocheerkassk : Publishing House «Lik», 2018. – 292 p.

3. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products at Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.

4. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoe field and justification of method and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.

5. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.
6. Improving the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [etc.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.
7. Methods of enhanced oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of the field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1 – P. 399–402.
8. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas condensate field and justification of downhole equipment / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.
9. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.
10. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding – as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Science. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.
11. The application of the magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of the double-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 220–223.
12. The solution of the problem of the negative effect of mechanical impurities in the ESP installations by the example of Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.
13. Development of hydro-jet method of oil recovery / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.
14. Analysis of the causes of hydrate formation during the operation of wells in gas fields / S. I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.
15. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells in a gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.
16. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part. 1. – P. 280–287.
17. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhin readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part. 1. – P. 273–280.
18. Brittle failure of rocks / V.I. Dunayev [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 6 (330). – P. 18–20.
19. Sukhin A.A., Shiyan S.I. Analysis of methods to combat hydrates in the Astrakhan gas condensate field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 383–392.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРИМЕСИ В ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИНАХ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ИХ НЕГАТИВНЫМ ВЛИЯНИЕМ

MECHANICAL IMPURITIES IN PRODUCING WELLS AND METHODS OF COMBATING THEIR NEGATIVE IMPACT

Сафоненко Григорий Евгеньевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
grisha.safonenko2012@yandex.ru

Джалло Фатмата

студентка направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
fatmataajalloh8@gmail.com

Шиян Станислав Иванович

Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Калищук Юрий Александрович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
yura-vip@list.ru

Гузеева Есения Владимировна

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
guzeeva.esenia@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные механические примеси, а также различные способы и методы борьбы с ними. Проведен сравнительный анализ способов очистки.

Ключевые слова: механические примеси, фильтра насосов, солеотложения, способы ингибирования, электроприводной центробежный насос, фильтрующий элемент ФРП.

Safonenko Grigory Evgenievich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
grisha.safonenko2012@yandex.ru

Jalloh Fatima

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
fatmataajalloh8@gmail.com

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Kalishchuk Yuri Alexandrovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
yura-vip@list.ru

Guzeeva Yesenia Vladimirovna

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
guzeeva.esenia@yandex.ru

Annotation. This article discusses the main mechanical impurities, as well as various methods and methods of combating them. Comparative analysis of cleaning methods is carried out.

Keywords: mechanical impurities, pump filters, salt deposition, inhibition methods, electric centrifugal pump, FRP filter element.

Основную долю механических примесей составляют сульфид железа, гипсы и кальциты, а затем уже следуют хлориды различных металлов (табл. 1). Компонентный состав отложений в насосно-компрессорных трубах, в % для ОАО «Удмуртнефть»

Таблица 1 – Компонентный состав отложений в насосно – компрессорных трубах, в % для ОАО «Удмуртнефть»

Скважина	Нефтепродукты	H ₂ O	FeS+Fe ₂ O ₃	CaSO ₄	NaCl	CaCO ₃
№ 2295 Верх подвески	8,5	26,8	33,7	1,7	2,1	14,2
№ 2295 Низ подвески	34,9	15,7	33,8	7,9	2,0	5,7
№ 2292	4,7	22,9	52,6	13,7	–	6,1

В среднем уровень КВЧ в добываемой продукции колеблется от 100 до 2500 мг/л.

Несмотря на рыхлость массы, сульфид железа играет отрицательную роль в работе оборудования, засоряя рабочие органы ЭЦН, клапанные клетки ШГН и фильтры насосов. В выкидных линиях и распределительных водоводах системы нагнетания сточной воды образуются осадки, под которыми размножаются сульфато-восстанавливающие и теоновые бактерии, корродирующие металлы.

В настоящий момент вследствие старения фонда скважин и роста обводненности практически во всех компаниях Западной Сибири и Урало-Поволжья в значительной степени увеличивается осложняющий фактор солеотложения

Основным методом борьбы с солеотложениями на сегодняшний день для нефтяных компаний является применение ингибиторов солеотложения. Ингибирование производится следующими способами: задавкой ингибитора в пласт, подачей ингибитора в затрубное пространство через устьевые дозаторы, подачей ингибитора через специальные трубки на прием насоса и путем подвешивания под ПЭД контейнера с твердымингибитором.

Имеется и ряд существенных недостатков, которые не дают широко развиваться данному методу, главный из которых состоит в том, что ингибиторы солеотложения представляют кислотные растворы и тем самым способствуют развитию коррозионных процессов.

Также для уменьшения влияния фактора солеотложения находят применение ЭЦН с отличными конструктивными особенностями и применяемыми материалами, нежели выпускаемые в настоящий момент ведущими заводами-изготовителями.

По 75 скважинам, оборудованным УЭЦН рабочими органами с ЖКП, наблюдается увеличение наработки на отказ по сравнению с предыдущими установками на 11701 сут., т.е. наработка на одну скважину увеличилась на 156 сут. В 2008 г. по механическим примесям произошло 143 преждевременных отказа, в 2009 г. – 85, в 2010 г. – 64.

Несмотря на достоинства ЭЦН с полимерными рабочими органами по показателю «наработка на отказ» в обводнённо – солевом фонде скважин по сравнению с существующими металлическими аналогами, нефтяные компании применяют полимерные рабочие органы в основном только для ремонта ЭЦН.

Основная проблема в том, что в компаниях по существующим классификаторам оборудования отсутствует понятие осложняющий фактор «солеотложение», следовательно, и требования к конструктивному исполнению ЭЦН. Отсюда, отсутствует и ценовая группа для такого оборудования.

В связи с образованием в используемой для технологических операций подтоварной воде сульфидов и оксидов железа проводится периодическая очистка емкостного парка пунктов набора подтоварной воды, что при среднем значении КВЧ в подтоварной воде 200 мг/л существенно снижает степень загрязнения ГНО механическими примесями из внешнего источника. Кроме того, спецтехника комплектуется фильтрами, также снижающими поступление механических примесей в скважину. Проводится также скребкование эксплуатационной колонны в зоне отложения солей и коррозионной зоне с последующим ингибированием.

ФРП рекомендован к установке на скважинах, имеющих большой вынос механических примесей, а также на скважинах с проведенными ГРП.

Модуль ФРП состоит из секций, имеющих корпуса с продольными пазами, внутри которых размещается рабочая пружина, пропускающая пластовую жидкость через межвитковые зазоры. Для регулирования межвиткового зазора пружин на каждой секции используются винты. Пружина изготавливается с антикоррозионным покрытием, пары трения радиальных подшипников выполнены из твердого сплава, а остальные детали изготовлены из нержавеющей стали, латуни и стали с антикоррозионным покрытием.

Задержание твердых частиц осуществляется при прохождении загрязненной пластовой жидкости через винтовые щели фильтрующего элемента, и толщина фильтрации определяется размером окон.

Литература:

1. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
2. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.
3. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
4. Кусов Г.В., Савенок О.В. Методы борьбы с АСПО на месторождениях ООО «РН – Краснодарнефтегаз» на примере Успенского и Горячеключевского участков // Строительство и ремонт скважин – 2010 : Сборник докладов Международной научно-практической конференции (27 сентября – 02 октября 2010 года, Геленджик, Краснодарский край) / ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо». – Краснодар : ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо», 2010. – С. 147–150.
5. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
6. Шиян С.И., Омельченко Н.Н. Варианты реинжиниринга при реконструкции производственных объектов системы сбора, транспортировки и подготовки нефти, газа и воды Ивановского месторождения // Инженер-нефтяник. – 2020. – № 3. – С. 34–42.

7. Техника и технология восстановления продуктивности скважины № 1273 Уренгойского месторождения путём зарезки бокового ствола / Е.А. Холопов [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 248–266.
8. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.
9. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.
10. Шиян С.И., Березовский Д.А. Анализ экономической и технологической эффективности эксплуатации боковых стволов на Красновском газонефтяном месторождении // Наука и техника в газовой промышленности. – 2020. – № 3 (83). – С. 26–37.
11. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутрипромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.
12. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.
13. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.
14. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.
15. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.
16. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.
17. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.
18. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.
19. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.
20. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

21. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

22. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

23. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

24. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

25. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

Literature:

1. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Scientific foundations and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.

2. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : Publishing House «Lik», 2018. – 292 p.

3. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of oil and gas fields. – Krasnodar : Publishing house of FGBOU VO «KubSTU», 2019. – 275 p.

4. Kusov G.V., Savenok O.V. Methods of combating ASF at the fields of LLC "RN – Krasnodarneftegaz" on the example of the Uspensky and Goryacheklyuchevsky sites // Construction and repair of wells – 2010 : Collection of reports of the International scientific and Practical Conference (September 27 – October 02, 2010, Gelendzhik, Krasnodarsky Krai) / LLC «Scientific and Production Company «Nitpo» – Krasnodar : LLC «Scientific and Production Company «Nitpo», 2010. – P. 147–150.

5. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and prospects of development of the Lebedinsky gas field // Bulatovskie readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.

6. Shiyani S.I., Omelchenko N.N. Options for reengineering during the reconstruction of production facilities of the collection, transportation and treatment of oil, gas and water of the Ivanovo field // Oil engineer. – 2020. – № 3. – P. 34–42.

7. Technique and technology of restoring the productivity of well No. 1273 of the Urengoy field by cutting the side trunk / E.A. Kholopov [et al.] // Nauka. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 248–266.

8. Shiyani S.I., Skiba A.S. Technology of regulation of the system for maintaining reservoir pressure at the Abino-Ukrainskoye field // Nauka. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 279–288.

9. Shiyani S.I., Muntyan V.S. Prospects for the development of the Severo-Tarasovsky oil field using energy- and resource-saving technologies. Nauka. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 289–299.

10. Shiyani S.I., Berezovsky D.A. Analysis of the economic and technological efficiency of the operation of side shafts at the Krasnovsky gas-oil field // Science and Technology in the gas industry. – 2020. – № 3 (83). – P. 26–37.

11. Analysis and justification of technology and technical solutions for organizing the system of in-field collection, preparation and accounting of products at the Nekrasov gas condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of the International scientific and Practical Conference : in 3 vols. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – V. 3. – P. 266–271.

12. Analysis of the actual operating modes of producing wells of the Key field and justification of the method and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vols. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.
13. Features of exploitation of producing wells in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference : in 2 volumes. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – Vol. 1. – P. 90–94.
14. Improvement of the hydrojet method of oil production / V.M. Gargat [et al.] // Science. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference : in 2 volumes. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.
15. Methods of increasing oil recovery and limiting factors of the application of these methods on the example of the Y. Korchagin field / E.V. Medvedev [et al.] // Nauka. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference : in 2 volumes. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.
16. Analysis of well operation modes at the Nekrasov gas condensate field and justification of the downhole equipment used / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 volumes. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.
17. Application of magnetic pulse flaw detection for monitoring the condition of wells of a two-column structure / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference : in 2 volumes. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.
18. Solving the problem of the negative influence of mechanical impurities on the ESP on the example of a Scrap deposit / P.A. Sukhoverova [et al.] // Science. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference : in 2 volumes. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.
19. Development of the hydrojet method of oil production / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference : in 2 volumes. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.
20. Analysis of the causes of hydrate formation during the operation of wells in gas fields / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference : in 2 volumes. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.
21. Methods of combating hydrate formation during the operation of wells at a gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference : in 2 volumes. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 424–428.
22. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of the boundaries of effective development of energy resources of technogenic deposits on the example of low-pressure gas // Rassokhin readings: materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.
23. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shablii I.I. Analysis of methods for combating well flooding at the Samitinsky oil field // Rassokhinsky readings: materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.
24. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in the field / V.I. Dunaev [et al.] // Nauka. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference : in 2 volumes – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 1. – P. 185–190.
25. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shchekoldin K.S. Flooding – as one of the systems for maintaining reservoir pressure // Nauka. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference : in 2 volumes – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – pp. 295–300.

ПОВЕДЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ В СОВРЕМЕННОМ РОССИЙСКОМ ОБЩЕСТВЕ

BEHAVIOR OF CONSUMERS OF EDUCATIONAL SERVICES IN MODERN RUSSIAN SOCIETY

Сергиенко Н.Л.

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В статье автор анализирует и обобщает теоретический материал по изучаемой теме, а выделяет особенности рынка образовательных услуг.

В результате проведенного анализа автор приходит к выводу, что на сегодняшний день администрации образовательных учреждений необходимо проводить мониторинг потребностей абитуриентов для повышения конкурентоспособности на рынке образовательных услуг.

Ключевые слова: рынок образовательных услуг, потребители образовательных услуг, вуз, студент, высшее образование.

Sergienko N.L.

Kuban state technological University

Annotation. In the article, the author analyzes and summarizes the theoretical material on the topic under study, and highlights the features of the educational services market. As a result of the analysis, the author comes to the conclusion that today the administration of educational institutions needs to monitor the needs of applicants to increase competitiveness in the market of educational services.

Keywords: educational services market, consumers of educational services, university, student, higher education.

С развитием коммерческого сектора в системе высшего образования преобразуется образование в особый товар, образовательную услугу [1]. На сегодняшний день в нашей стране сформировался и эффективно функционирует рынок образовательных услуг. И как на любом рынке, так и на рынке образовательных услуг эффективно происходит внедрение маркетинговых стратегий образовательными учреждениями. Поэтому на сегодняшний день необходимо комплексное исследование потребительского поведения для эффективного функционирования образовательных учреждений. Также перед образовательными организациями стоит задача – исследовать и анализировать изменения, происходящие на рынке образовательных услуг, для эффективного развития учреждений.

Изучением поведения основных потребителей образовательных услуг – абитуриентов и студентов, занимаются ученые различных областей знаний, например, социология, педагогика, маркетинг, психология, социальная психология и др.

Проведение исследований потребительского поведения на рынке образовательных услуг связано с учетом специфических особенностей образовательные услуги и программы. Выбор учреждения высшего образования будет кардинальным образом отличаться от выбора учреждения начального профессионального образования, также форма обучения (очная, заочная, бюджетная, коммерческая) будет оказывать значительное влияние на поведение абитуриентов и студентов. Образовательная услуга ком-

плексного и индивидуализированного характера, потребляемого длительный период времени, потребители плохо информированы.

Поэтому исследование потребительского поведения на образовательном рынке довольно сложно, к тому же данные исследования редко проводятся социологами и маркетологами. Обычно, исследование поведения абитуриентов и студентов – это занимаются психологи и педагоги, их точка зрения отлична от маркетологов или социологов, так как они не рассматривают возможности использования результатов исследований для внедрения в образовательные организации для повышения их конкурентоспособности на рынке образовательных услуг.

На сегодняшний день наиболее актуальными областями потребительских исследований являются следующие:

- отношение населения страны к высшему образованию;
- отношение (мнение, предпочтение) к различным аспектам организации образовательной деятельности;
- уровень удовлетворения потребностей потребителей (ожидания потребителей);
- потребительские намерения и принятие решения о выборе образовательной услуги;
- поведение потребителей во время выбора образовательной услуги и после выбора;
- мотивация потребителей образовательных услуг.

Поведение потребителей в сфере образования связано с их знаниями о образовательных организациях и предлагаемых образовательных услугах, а также с различными эмоциональными аспектами восприятия качества и имиджа образовательных услуг [2].

Литература:

1. Хлабыстова Н.В. Рынок образовательных услуг: привлечение абитуриентов как основных потребителей // Научный вестник Южного института менеджмента. – 2020. – № 1 (29). – С. 76–78.

2. Нетребко Е.Н., Хлабыстова Н.В. Социокультурные факторы, определяющие стратегию поведения поступающих негосударственных вузов Краснодарского края // Мир науки. Социология, филология, культурология. – 2019. – Т. 10. – № 2. – С. 1.

Literature:

1. Hlabystova N.V. The market of educational services: attracting applicants as the main consumers // Scientific Bulletin of the Southern Institute of Management. – 2020. – № 1 (29). – P. 76–78.

2. Netrebko E.N., Hlabystova N.V. Socio-cultural factors determining the behavior strategy of incoming non-state universities of the Krasnodar territory // Mir nauki. Sociology, philology, cultural studies. – 2019. – V. 10. – № 2. – P. 1.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО САМООПРЕДЕЛЕНИЯ АБИТУРИЕНТОВ В РОССИИ И ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАНАХ

COMPARATIVE ANALYSIS OF PROFESSIONAL SELF-DETERMINATION OF APPLICANTS IN RUSSIA AND EUROPEAN COUNTRIES

Середенко Ю.С.

Кубанский государственный технологический университет

Аспидов И.В.

Кубанский государственный технологический университет

Хлабыстова Н.В.

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В статье проводится сравнительный анализ профессионального самоопределения абитуриентов в России и европейских странах.

Авторы приходят к выводу, абитуриенты в России уже изначально пытаются выбрать ту профессию, которая будет приносить максимальный доход, возможно, она не будет детерминирована его душевным настроем, а скорее он будет прагматичен в данном выборе.

Напротив, в Европе, абитуриенты в выборе профессии руководствуются другими ценностями, в частности они нацелены на полезность для общества, на самореализацию, материальная составляющая не стоит на первом месте.

Ключевые слова: профессиональное самоопределение, профориентация, абитуриенты, мотивация, образование.

Seredenko Y.S.

Kuban State Technological University

Aspidov I.V.

Kuban State Technological University

Khlabystova N.V.

Kuban State Technological University

Annotation. The article presents a comparative analysis of professional self-determination of applicants in Russia and European countries.

The authors conclude that university entrants in Russia are initially trying to choose a profession that will bring maximum profit; it will probably not be determined by his mental attitude, but rather he will be pragmatic in this choice.

On the contrary, in Europe, applicants are guided by other values in their choice of profession, in particular, they are focused on usefulness for society, on self-realization, the material component is not in the first place.

Keywords: professional self-determination, career guidance, applicants, motivation, education.

Профессиональное самоопределение представляет собой построение образа желаемого будущего в области профессиональной деятельности, деловых отношений с людьми в контексте осознания себя, своих личных качеств, интеллектуального развития, навыков, знаний и умений.

В настоящее время наблюдается повышенное внимание вопросам профессиональной ориентации и самоопределения, как со стороны государства, так и отдельно взятой личности. Стремительный рост инновационных и информационных технологий, изменение формата работы, востребованность различных профессий, смена запросов рынка труда и т.п., серьезно изменились в последнее время и тем самым послужили новым вектором для абитуриентов в их профессиональном самоопределении, как в России, так и в Европе. Поэтому изучение профессионального самоопределения современных абитуриентов и проведение сравнительного анализа российской и европейской специфики в данной области приобретают особое значение.

Выбор будущей профессии у молодежи, а также возникающие в связи с профориентацией проблемы возникли не так давно. В течение многих веков у молодого поколения отсутствовал как такой выбор, т.к. им приходилось заниматься тем же делом и ремеслом которым занимались их родители. Исключением можно назвать призыв и дальнейшую службу в армии, а также другие социальные обстоятельства и изменения, которые внезапно сложились вне зависимости от воли общества, данные ситуации серьезно влияли на структуру общества, что нередко приводило к ненужным профессиям, которые устаревали.

Для большинства людей в прошлом, сословное и классовое разделение служило причиной того, что практически все члены общества не могли сделать тот или иной выбор профессии и были ограничены узкими рамками в пределах своего положения в обществе.

В настоящее время, когда родители детей принимают выбор за своих детей, а также стараются передать им свое дело, можно отчасти считать отголоском прошлого, когда данная ситуация была необходимой и неизбежной.

Если рассматривать современный российский опыт профессионального самоопределения абитуриентов, то для нашей страны характерны следующие особенности в выборе будущей профессии. Российскими абитуриентами профессиональная ориентация и самоопределение осуществляются отчасти стихийно – на основании личного биографического опыта индивида, отчасти – в результате деятельности, прежде всего, образовательных учреждений разного уровня [1].

К сожалению, в настоящее время практикуется выбор профессии, когда он не является продуманным, без проведения анализа в этом направлении, основополагающими факторами выступает какое-то увлечение в определенный момент времени или же просто мода на профессию и т.д. Либо же выбор будущей профессии основан исключительно на желании друзей или просто знакомых людей, которые посоветовали, чем заниматься в будущем. Серьезное влияние также оказывает первое впечатление от какой-то профессии, не углубляясь в ее особенности. При этом возникают ошибочные представления о профессиональных обязанностях в этой профессии, а также отсутствуют фундаментальные знания про эту специальность.

Сегодня, также учебным заведениям принадлежит важнейшая роль как формирующему институту по формированию профессионального самоопределения абитуриентов [2]. Их задачей является не только специализированная профессиональная подготовка, но и поддержание определенного соответствия между специальностями подготовки и потребностями рынка труда.

Несмотря на то, что пришедший в учебное заведение абитуриент уже, казалось бы, совершил профессиональный выбор, в реальности это не всегда так. В условиях современного российского общества поступление в учебное заведение рассматривается многими абитуриентами как некий предварительный этап, еще не определяющий выбора будущей профессиональной карьеры. Часто профессиональная ориентация откладывается на момент окончания учебного заведения.

В настоящее время, на выбор будущей профессии абитуриентами оказала влияние экономическая обстановка в России. Из-за возникающих трудностей с финансировани-

ем своей жизни, а также средств на обучение, много молодежи не видят иного выбора, как устраиваться сразу на работу, а не идти учиться.

Например, за последние 10 лет в 2 раза отмечено снижение числа абитуриентов в высшие учебные заведения. Согласно результатам социологического исследования, всего 43 % абитуриента выразили желание поступать в высшее образовательное учреждение, это данные на 2021 год. В 2010 году 80 % молодежи выражали намерения по продолжению обучения после школы в высшем учебном заведении.

Несмотря на снижение желаний обучаться у молодежи в высших учебных заведениях, абитуриенты чаще стали выбирать средне-профессиональное образование, рост за 10 лет составил в 2 раза, на 2021 год число таких абитуриентов 21 % [3].

Серьезное влияние на формирование рынка труда и предпочтений абитуриентов оказывают влияние возможность создавать различные стартапы. Для таких компаний и особенностей их бизнес процессов, которые требуют быстрой отдачи, не интересны длительные обучения или исследования.

Поэтому высшие учебные заведения уступают некоторым средним заведениям в части некоторых аспектов, являясь серьезными конкурентами в борьбе за абитуриентов. У средних профессиональных учебных учреждений есть следующие преимущества: короткий срок обучения, большое количество бесплатных бюджетных мест и низкая стоимость образовательных услуг, ориентация на практические навыки и т.д. [4].

Также в профессиональном самоопределении абитуриентов важна роль государства. Развитие профессионального потенциала человека должно быть приоритетным в политике государства, так как именно высококвалифицированные специалисты способны преодолеть кризис, вывести социум на путь прогресса.

Государство декларирует необходимость помощи для абитуриентов. Например, на теоретическом уровне в Постановлении Минтруда РФ от 27.09.1996 N 1 «Об утверждении Положения о профессиональной ориентации и психологической поддержке населения в Российской Федерации» содержится определение термина рассматриваемой темы [5].

Однако, не смотря на это, в России абитуриент предоставлен сам себе. В центры помощи по выбору профессии абитуриенты обращаются редко и не рассматривают данные учреждения как реальную помощь в их профессиональном выборе. Также проблемой является то, что в небольших населенных пунктах для абитуриентов вовсе отсутствует данная возможность, т.к. центры профориентации созданы только в больших городах. Не проводится реклама и продвижение услуг данных учреждений посредством СМИ и другими различными способами донесения информации до абитуриентов. Поэтому многие молодые люди, собирающиеся сделать свой профессиональный выбор, не рассматривают этот способ как возможный.

Также необходимо отметить, что значительная часть выпускников вузов не работают по специальности [6]. О чем свидетельствуют данные из различных источников. Например, по данным опроса сервиса «Работа.ру» и портала «Рамблер» большинство россиян (64 %) не работают по специальности, полученной в вузе или училище. Отмечается, что продолжают дело, изученное в институте, только 36 % опрошенных. При этом 40 % респондентов сообщили, что вообще никогда не работали по специальности, а 24 % работали раньше. Участники опроса ответили на вопрос, почему они не работают по профессии. Так, 28 % респондентов сказали, что причиной этого стали низкие доходы на работе по прежней специальности. Каждый пятый опрошенный не мог найти подходящее место для работы в предыдущей профессии. Еще 13 % россиян отметили, что просто устали от предыдущего рода деятельности. 10 % опрошенных ушли из профессии из-за получения нового образования или переезда [7].

Таким образом, подвижность и изменчивость профессиональной ориентации современных абитуриентов в России определяется не столько нестабильностью мотивационной сферы самих студентов, сколько спецификой социально-экономической ситуации и совре-

менного рынка труда. В условиях современного общества, которое постоянно претерпевает различные изменения, у абитуриента нет уверенности в том, что выбранная им профессия будет его основной и единственной на протяжении всей трудовой деятельности. Смена профессии, иногда даже сразу же после обучения является обычной ситуацией. Потому в таких условиях возрастает значимость не столько выработки устойчивой профессионального самоопределения, сколько дальнейшая способность приспосабливаться к меняющейся на рынке труда ситуации. Таким образом, рассмотренная специфика предъявляет новые требования к профессиональному самоопределению, которое может меняться с течением времени, причем это будет неизбежно и необходимо [8].

Если рассматривать опыт европейских стран в профессиональном самоопределении абитуриентов, то по большинству аспектов имеются отличия от российской практики. В Европе работа по профориентации началась с деятельности первого кабинета профориентации в Страсбурге в 1903 г. Европейским лидером в области профориентации считают Францию. Система помощи в профессиональном самоопределении абитуриентов в этой стране контролируется министерствами – труда, образования и здравоохранения и контролируется на уровне государства. Информация о выборе профессиональной деятельности является основой при построении профориентационной работы. Вопросами осведомления абитуриентов о будущих профессиях обеспечивает Национальное бюро информации по образованию и профессии, которое входит в структуру Министерства образования Франции.

Во Франции также значительное распространение получили специализированные центры профориентации которые действуют как одна сеть, они находятся во взаимосвязи при осуществлении своей деятельности с профсоюзами, родителями абитуриентов, различными биржами по трудоустройству и прочими структурами как государственного уровня, так и частного бизнеса, которые все вместе занимаются вопросами и возникающими проблемами по профессиональной ориентации и самоопределению подрастающего поколения.

Например, в Германии вопросы профориентации абитуриентов осуществляются при помощи проведения тестов, консультаций, опросов, при этом, все мероприятия проводятся совместно как с организациями, так и родителями будущих студентов. Среди особенностей можно выделить то, что абитуриенту предлагается заполнить специальную рабочую тетрадь, в которой нужно указать общую информацию о семье, свои личные интересы и увлечения, профессиональные пожелания, склонности к какой-либо профессии. Такая рабочая тетрадь совместно с прочими собранными данными в ходе тестирования служит основой для дальнейших консультаций по выбору профессии. Если появляется необходимость, то специалист службы профессионального становления может использовать помощь психологической или медицинской служб.

Еще одной интересной европейской системой профориентации является шведская модель. Она отличается высокой степенью госрегулирования, тесной связью между профориентационной деятельностью и удовлетворением потребностей рынка труда. В системе образования введены специальные программы, комплексно охватывающие все аспекты работы по выбору профессии, начиная с диагностики и заканчивая выбором профессии. В школах Швеции нет советников или консультантов по профессиональному самоопределению, эта миссия возлагается на учителей-предметников, что сближает шведскую модель профориентации с российской.

Пожалуй, самой демократичной в Европе является система образования и профориентации Дании. Она основывается на концепции открытого молодежного образования, исповедует ценности и соблюдает традиции неформального образования, которое существует в этом государстве уже много лет [9].

В целом в Европе проводится политика профориентации в течение всей жизни. Также интересно Европейское исследование ценностей (European Values Study, EVS),

которое было проведено в 2010, однако оно не потеряло своей актуальности в 2021 году, т.к. некоторые аспекты стали еще более выраженными с течением времени. Данное исследование отражает мотивы выбора профессии, как в России, так и в европейских странах. Ответы на вопрос об основных причинах, побуждающих хорошо работать, резко различаются в разных группах европейских стран. В большинстве постсоциалистических и средиземноморских стран наиболее частым выбором оказались гарантии занятости или (в России) заработок/продвижение, а в западноевропейских и скандинавских странах работники чаще всего указывали в качестве такой причины возможность получить удовлетворение от самих трудовых достижений [6].

Почти во всех европейских странах ценность гарантий занятости статистически значимо превышает ценность высокого заработка, и только в России важность заработка заметно и статистически значимо.

Таким образом, в таблице 1 можно отразить основные отличия в профессиональном самоопределении абитуриентов в России и Европейских странах.

Таблица 1 – Основные отличия в профессиональном самоопределении абитуриентов в России и Европейских странах

Характеристика	Россия	Европейские страны
Основные мотивы выбора профессии	деньги, занятость, престижность	самореализация, полезность обществу, занятость
Популярные профессии	госслужащий, юрист, экономист, менеджер	инженер, программист, врач, учитель
Поддержка государства	слабая	высокая
Поддержка частного бизнеса	средняя	высокая

Таким образом, проблема профессионального самоопределения в России, заключен в том, что абитуриенты уже изначально пытаются выбрать ту профессию, которая будет приносить максимальный доход, возможно, она не будет детерминирована его душевным настроением, а скорее он будет прагматичен в данном выборе [10]. В современных социокультурных условиях задача профессионального ориентирования приобретает особую сложность, так как родители и учителя зачастую сами не уверены в правильности своих советов, а социокультурная среда довлеет на учащегося в выборе, возможно не подходящей ему профессии, но зато престижной.

Данная ситуация, вероятно, обусловлена общеэкономической составляющей в России. В нашей стране выбор будущей профессии напрямую связан с размером оплаты труда. Тем самым, такие важные профессии как учитель, инженер, врач не всегда являются выбором абитуриентов в России, хотя они очень важны для развития страны.

Напротив, в Европе, абитуриенты в выборе профессии руководствуются другими ценностями, в частности они нацелены на полезность для общества, на самореализацию, материальная составляющая не стоит на первом месте.

Литература

1. Крутых Е.В. Особенности профориентационной деятельности психологической службы вуза // Профнавигация молодежи. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 170–176.

2. Стригин А. Высшее образование перестало быть главным ориентиром в системе ценностей молодежи. – URL : <https://rg.ru/2021/03/30/reg-szfo/vysshee-obrazovanie-perestalo-byt-glavnym-orientirom-v-sisteme-cennostej.html> (дата обращения 14.04.2021)

3. Дианина Е.В. Российская и зарубежные системы управления профессиональной ориентацией учащейся молодежи: сравнительный анализ // Социодинамика. – 2017. – № 3. – С. 10–17.

4. Постановление Минтруда РФ от 27.09.1996 № 1 «Об утверждении Положения о профессиональной ориентации и психологической поддержке населения в Россий-

ской Федерации» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 31.10.1996 № 1186). – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12217/ (дата обращения 12.04.2021).

5. Грабивчук В.Я., Хлабыстова Н.В. Построение карьеры в современном российском обществе // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2017. – № 9. – С. 159–166.

6. Опрос показал, сколько россиян работают по специальности. – URL : https://aif.ru/society/opros_pokazal_skolko_rossiyan_rabotayut_po_specialnosti/ (дата обращения 10.04.2021).

7. Хлабыстова Н.В. Рынок образовательных услуг: привлечение абитуриентов как основных потребителей // Научный вестник Южного института менеджмента. – 2020. – № 1 (29). – С. 76–78.

8. Купавская А.А., Басманова В.Р., Джамирзе Р.К. Этапы развития профориентационной деятельности в России и в других странах // Профнавигация молодежи. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции, 2020. – С. 216–220.

9. Европейское исследование ценностей (European Values Study, EVS). – URL : <https://europeanvaluesstudy.eu> (дата обращения 11.04.2021).

10. Хлабыстова Н.В. Ценность образования в системе взаимодействия «Вуз – потребители образовательных услуг – работодатель» : Автореф. дис. ... канд. соц. наук / Адыгейский государственный университет. – Майкоп, 2016

Literature:

1. Krutykh E.V. Features of career guidance activities of the psychological service of the university / Profnavigation of youth. Collection of materials of the II International Scientific and Practical Conference. – 2019. – P. 170–176.

2. Strigin A. Higher education has ceased to be the main reference point in the system of values of youth. – URL : <https://rg.ru/2021/03/30/reg-szfo/vysshee-obrazovanie-perestalo-byt-glavnym-orientirom-v-sisteme-cennostej.html> (accessed 14.04.2021).

3. Dianina E.V. Russian and foreign systems of management of professional orientation of students: comparative analysis // Sociodynamika. – 2017. – № 3. – P. 10–17.

4. Resolution of the Ministry of Labor of the Russian Federation of 27.09.1996 № 1 «On approval of the Regulations on Professional Orientation and psychological Support of the population in the Russian Federation» (Registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation on 31.10.1996 № 1186). – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12217/ (accessed 12.04.2021).

5. Grabivchuk V.Ya., Khlabystova N.V. Building a career in modern Russian society / Electronic network polythematic journal «Scientific Works of KubSTU». – 2017. – № 9. – P. 159–166.

6. The survey showed how many Russians work in their specialty. – URL : https://aif.ru/society/opros_pokazal_skolko_rossiyan_rabotayut_po_specialnosti/ (accessed 10.04.2021).

7. Khlabystova N.V. The market of educational services: attracting applicants as the main consumers // Scientific Bulletin of the Southern Institute of Management. – 2020. – № 1 (29). – P. 76–78.

8. Kupavskaya A.A., Basmanova V.R., Jamirze R.K. Stages of career guidance development in Russia and in other countries // Profnavigatsiya molodezhi. Collection of materials of the III International Scientific and Practical Conference, 2020. – P. 216–220.

9. European Values Study (EVS). – URL : <https://europeanvaluesstudy.eu> (accessed 11.04.2021).

10. Hlabystova N.V. The value of education in the system of interaction «University – consumers of educational services – employer» : Abstract of the dissertation for the degree of candidate of sociological Sciences / Adygea State University. – Maykop, 2016.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТА РАНКА-ХИЛША НА ГРС

APPLICATION OF THE RANK-HILSCH EFFECT TO THE GDS

Смаглий Артем Игорьевич

студент 2 курса
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
smagly.artem@gmail.com

Литвинов Владимир Александрович

студент 2 курса
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
litvinov.vladimir@mail.ru

Аннотация. В статье описана работа вихревой трубы, в основе которой лежит эффект Ранка-Хилша, для изотермического дросселирования газа без образования кристаллогидратов.

Ключевые слова: газ, вихревая труба, кристаллогидраты, подогреватель, давление, газораспределительная станция.

Smagly Artem Igorevich

Student of the Department of oil and gaz equipment,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State University of Technology
smagly.artem@gmail.com

Litvinov Vladimir Aleksandrovich

Student of the Department of oil and gaz equipment,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State University of Technology
litvinov.vladimir@mail.ru

Annotation. The article describes the operation of a vortex tube, which is based on the Ranque-Hilsch effect, for isothermal gas throttling without the formation of crystalline hydrates.

Keywords: gas, vortex tube, crystalline hydrates, heater, pressure, gas distribution station.

Причины образования кристаллогидратов
Уменьшение давления (дросселирования) происходит при прохождении газа через регулятор давления. При дросселировании газа снижается не только его давление, но и температура на $25 \div 30$ °С (на каждые 10 атмосфер снижение температуры на 5 градусов) а соответственно меняется и влагосодержание газа, что может привести к образованию кристаллогидратов на подвижных деталях регулятора давления. Применяемые в настоящее время технологии «подогрева» природного газа перед дросселированием в специальных подогревательных устройствах (за счет сжигания части транспортируемого газа) являются затратными как с точки зрения расходования транспортируемого сырья, так и затрат на ликвидацию негативных экологических последствий.

Применение вихревой трубы, для изотермического дросселирования газа

Для решения этой проблемы предлагаю применять вихревую трубу построенную на основе эффекта Ранка-Хилша. Суть работы вихревой трубы заключается в следующем. Сжатый газ подается через тангенциальный сопловой канал в трубу, где устанавливается интенсивный круговое движение. При этом возникает неравномерное поле температур. Слои газа вблизи оси трубы холоднее чем входной газ, а периферийные слои закрученного потока нагреваются. Часть газа в виде холодного потока отводится через диафрагму, а нагретый газ через дроссельный вентиль отводится с другой стороны трубы. После прохождения трубы, эти потоки смешиваются. Данная конструкция позволяет провести изотермическое дросселирование газа.

Физическое объяснение наблюдаемого явления заключается в том, что при организации редуцирования давления газа с помощью вихревого эффекта соотношение изменения внутренней кинетической энергии к внутренней потенциальной энергии текущего реального тела отличается от изменения их соотношений при обычном дросселировании, что и позволяет при определенных условиях организовать процесс квазиизотермического редуцирования на прямооточных вихревых трубах с внутренним смешением горячего и холодного потоков.

Литература:

1. Пиралишвили Ш.А., Бирюк В.В. Вихревой эффект. – Т. 1: Физическое явление, теоретическое моделирование. – ООО Научтехлитиздат, 2014.
2. Пиралишвили Ш.А., Бирюк В.В. Вихревой эффект. – Том 2: Технические приложения. – ООО Научтехлитиздат, 2016.
3. Вихревые аппараты / А.Д. Суслов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1985.

Literature:

1. Piralishvili H.A., Biryuk V.V. Vortex effect. – V. 1: Physical phenomenon, theoretical modeling. – ООО Naughtekhlitizdat, 2014.
2. Piralishvili H.A., Biryuk V.V. Vortex Effect. – V. 2: Technical Applications. – ООО Naughtekhlitizdat, 2016.
3. Vortex devices / A.D. Suslov [et al.]. – M. : Mechanical Engineering, 1985.

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ОДНОВРЕМЕННО- РАЗДЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF SIMULTANEOUS- SEPARATED OPERATION OF OIL WELLS

Суховаева Полина Александровна

студентка направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
polina.suxoverova.00@bk.ru

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Слепцов Александр Алексеевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
sleptsov.aa00@gmail.com

Степанец Игорь Витальевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
steepanets@icloud.com

Столбов Владимир Николаевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
VOVALDEY@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные преимущества и недостатки одно-
временно-раздельной эксплуатации нефтяных скважин, включая экономические и тех-
нологические факторы. Одновременно-раздельная эксплуатация скважин представляет
собой технологию эксплуатации различных пластов в пределах одной скважины.

Ключевые слова: одновременно-раздельная эксплуатация, многопластовые месторож-
дения, продуктивный пласт, разработка месторождений, экономическая целесообраз-
ность.

Sukhoverova Polina Alexandrovna

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
polina.suxoverova.00@bk.ru

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Sleptsov Alexander Alekseevich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
sleptsov.aa00@gmail.com

Stepanets Igor Vitalievich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
steepanets@icloud.com

Stolbov Vladimir Nikolaevich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
VOVALDEY@yandex.ru

Annotation. This article discusses the main advantages and disadvantages of simultaneous-separate operation of oil wells, including economic and technological factors. Simultaneous-separate production of wells is a technology for the operation of different formations within one well.

Keywords: simultaneous-separate operation, multilayer fields, productive formation, field development, economic feasibility.

Одновременно-раздельной эксплуатацией (ОРЭ) скважин называют эксплуатацию двух и более продуктивных пластов одной скважиной. Подобная технология может использоваться как при отборе нефти, так и при закачке рабочих веществ в скважину. При использовании подобной технологии должна сохраняться определенная изоляция продуктивных пластов для раздельного управления их продуктивностью, возможности независимого исследования и осуществления прочих технологических операций, осуществляемых на отдельно взятом пласте (например, глушение пласта, обработка пласта и т.д.). Использование одной скважины для работы с несколькими пластами обладает рядом неоспоримых экономических преимуществ:

- затраты на строительство скважин снижаются практически в два раза;
- обустройство месторождений становится менее затратным;
- требуется меньше добывающего оборудования;
- в разработке могут учувствовать непромышленные запасы нефти;
- повышаются темпы ввода месторождений в разработку вследствие сокращения сроков разбуривания и обустройства месторождений;
- становится возможна одновременная эксплуатация объектов с разными характеристиками пород и свойствами нефти;
- повышается рентабельность отдельных скважин за счет подключения других объектов разработки или разных по свойствам пластов одного объекта разработки.

Одновременно-раздельную эксплуатацию осуществляют путем оснащения скважин обычной конструкции оборудованием, которое разобщает продуктивные пласты, или путем использования этих целей скважин специальной конструкции. Применение технологий ОРЭ позволяет вредного оптимизировать затраты на добычу нефти. Важно понимать, что подобные технические решения требуют определенных условий от эксплуатируемой скважины, так как установка специального оборудования возможна не всегда. К подобным условиям относят:

- обоснование возможности ОРЭ проектными документами на разработку месторождения;

- наличие сменного внутрискважинного оборудования;
- возможность обеспечения отдельного учета добываемой продукции;
- существование возможности проведения промысловых исследований для каждого пласта в отдельности;
- возможность проведения безопасного ремонта скважин с учетом различия давлений и свойств пластовых флюидов.

При соблюдении всех вышеуказанных условий использование технологии ОРЭ становится технически возможным. Данная технология способна решить следующий ряд технических задач:

- повышение нефтеотдачи и дебита скважины за счет вовлечения в разработку дополнительных пластов;
- увеличение степени охвата и интенсивности освоения многопластового месторождения при помощи отдельного вовлечения в разработку отдельных тонких разнопроницаемых пропластков;
- сокращение затрат на бурение скважин;
- интенсифицирование процесса регулирования отборов и закачки во времени по разрезу скважины;
- увеличение рентабельного срока разработки месторождения;
- снижение эксплуатационных затрат;
- обеспечение отдельного учета добываемой или закачиваемой среды по каждому пласту;
- оперативное управление полем пластовых давлений, регулирование направления и скорости фильтрации пластовых флюидов;
- предотвращение вредного воздействия растворов глушения на призабойную зону пласта, отсечение пластов (изоляция скважинной установки от пласта) без отрицательного техногенного воздействия на них;
- снижение вероятности осложнений гидратообразования, отложения асфальтенов, смол и парафинов, высоких значений температуры, газового фактора, обводненности и вязкости добываемой продукции, повышенного содержания в ней механических примесей, солей, серы и коррозионно-активных компонентов;
- эксплуатация скважины с негерметичной эксплуатационной колонной;
- использование газа из газовой шапки или газовых пластов для организации бескомпрессорного (БКГ) или внутрискважинного газлифта (ВСГ), проведение совместной разработки нефтяной оторочки и газовой шапки без образования газовых конусов;
- разработка водоплавающих залежей, предупреждение образования водяных конусов.

В настоящее время многие крупные месторождения находятся на завершающей стадии разработки, вводятся в эксплуатацию залежи со сложным геологическим строением, широко применяются методы повышения нефтеотдачи. Для обеспечения проектных уровней добычи нефти на месторождениях, имеющих в разрезе несколько продуктивных горизонтов, реализуются различные схемы перехода на возвратные объекты разработки и приобщение пластов. На многих месторождениях добыча нефти по основным объектам разработки неуклонно снижается, но при этом доля остаточных запасов достаточно велика, поэтому полный переход на возвратные объекты, являющиеся, чаще всего, низкопродуктивными, видится неперспективным. Наиболее приемлемым, с экономической точки зрения, вариантом, является приобщение к разработке дополнительных горизонтов. Однако это не всегда возможно в связи с жесткими требованиями «Правил разработки нефтяных и газонефтяных месторождений» и «Правил охраны недр», предъявляемых к многопластовым объектам. В создавшихся условиях эффективным решением является разработка и внедрение систем ОРЭ, которые применяются на поздней стадии разработки месторождений. При этом технология ОРЭ применима и на вновь вводимых в разработку многопластовых месторождениях.

Несмотря на ряд очевидных преимуществ ограниченность использования одно- временно-раздельной эксплуатации нефтяных скважин можно легко объяснить тем, что

на текущий момент развития нефтяной промышленности отсутствует длительный опыт эксплуатации подобных объектов. Конструкции для ОРЭ обладают сниженной, по сравнению с традиционными конструкциями скважин, надежностью и их ремонт затруднен. В связи с этим не наблюдается повсеместный переход крупных компаний на технологию ОРЭ, вместо этого технология применяется точечно, в условиях разработки многопластовых месторождений.

Литература:

1. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для студентов вузов / А.И. Булатов [и др.]. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
2. Освоєння нафтових і газових свердловин. Наука і практика: монографія / А.І. Булатов [и др.]. – Львів : Сполом, 2018. – 476 с.
3. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
4. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.
5. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.
6. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутрипромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.
7. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.
8. Шиян С.И., Березовский Д.А. Анализ экономической и технологической эффективности эксплуатации боковых стволов на Красновском газонефтяном месторождении // Наука и техника в газовой промышленности. – 2020. – № 3 (83). – С. 26–37.
9. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.
10. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.
11. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.
12. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.
13. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

14. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.
15. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.
16. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.
17. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.
18. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.
19. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.
20. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.
21. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

Literature:

1. Ecology in the construction of oil and gas wells: a textbook for university students / A.I. Bulatov [et al.]. – Krasnodar : LLC «Prosveshchenie-Yug», 2011. – 603 p.
2. Development of oil and gas fields. Science and practice : monograph / A.I. Bulatov [et al.]. – Lviv : Spolom, 2018. – 476 p.
3. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and development prospects of Lebedinsky gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.
4. Shiyani S.I., Skiba A.S. Technology of reservoir pressure maintenance system regulation at Abino-Ukrainian field // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 279–288.
5. Shiyani S.I., Muntian V.S. Prospects for the development of the North-Tarasovskoye oil field with the use of energy- and resource-saving technologies // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 289–299.
6. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products at Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.
7. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoye field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.

8. Shiyan S.I., Berezovskiy D.A. Analysis of Economic and Technological Efficiency of Sidetrack Operation at Krasnovskoye Gas and Oil Field // Science and Technology in Gas Industry. – 2020. – № 3 (83). – P. 26–37.
9. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas condensate field and justification of the used downhole equipment / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.
10. Methods of struggle against hydrate formation during well operation in a gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.
11. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made deposits by example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.
12. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskiye readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.
13. Development of hydro-jet method of oil recovery / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : the materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.
14. Analysis of the causes of hydrate formation during well operation in gas fields / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.
15. Application of magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of double-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.
16. Solution of the problem of the negative impact of mechanical impurities in the ESP at the example of the Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.
17. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunaev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.
18. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.
19. Features of exploitation of producing wells in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.
20. Improving the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.
21. Methods to increase oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of a field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ О ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЯХ
УПРУГОГО МАТЕРИАЛА С ПОКРЫТИЕМ ПРИ НАЛИЧИИ
ВНУТРЕННЕГО ДЕФЕКТА**

**STUDY OF THE PROBLEM FOR HARMONIC VIBRATIONS
OF AN ELASTIC COATED MATERIAL IN THE PRESENCE
OF AN INTERNAL DEFECT**

Телятников Илья Сергеевич

кандидат физ.-мат. наук, научный сотрудник,
ФГБУН «Федеральный исследовательский центр.
Южный научный центра Российской академии наук»
ilux_t@list.ru

Аннотация. В работе рассматривается модель однородного и изотропного материала с покрытием в условиях гармонических колебаний, возбуждаемых внутренним источником. Покрытие, лежащее на упругом слое без отрыва, моделируется пластиной Кирхгофа с усредненными по толщине свойствами. Применением метода интегральных преобразований найдены интегральные характеристики амплитуд смещения поверхности системы покрытие/подложка, а также контактные напряжения на их границе, обращение произведено численно. Для плоского случая проведен анализ дисперсионных свойств системы и поля смещений поверхности.

Ключевые слова: упругий слой, вертикальное включение, покрытие, пластина Кирхгофа.

Telyatnikov Ilya Sergeevich

Cand. Sci. (Phys.-Math.), Researcher,
Southern Scientific Centre of the Russian
ilux_t@list.ru

Annotation. The paper considers a model of a homogeneous and isotropic coated material under conditions of harmonic vibrations excited by an internal source. We simulate a coating lying on an elastic layer without separation with a Kirchhoff plate with properties averaged over the thickness. Using the Fourier transform we founded the integral characteristics of the displacement amplitudes of the surface of the coating/substrate system as well as the contact stresses at their boundary and performed the inverse transformation numerically. For the plane case we analyzed the dispersion properties of the system and the surface displacement field.

Keywords: elastic layer, vertical inclusion, coating, Kirchhoff plate.

The acoustic emission method is one of the methods that allows to obtain information about the development of a defect, which is widely used in engineering and technology. It is based on the registration of elastic waves propagating in the material as a result of the rearrangement of its structure. The problems of studying wave fields excited by internal sources serve to develop this method.

At present, the steady interest in problems for environments with defects also determines the variety of approaches to their solution [1–6]. In the problems of flaw detection, when a vertical inclusion is used to simulate a source of acoustic emission during local dy-

dynamic restructuring of the material, it is practically important to determine the amplitudes of oscillations excited by an internal source on the surface and in the depth of the layer. Such problems can also be considered as a stage in solving inverse problems of the dynamic theory of elasticity. The complexity of such problems, both experimental and mathematical, still attracts the attention of many researchers, despite the large number of publications.

In engineering, construction and materials science, stringers, onlays, plates, etc. are used as coating models. In this work, an elastic foundation with a thin coating simulated by a two-dimensional deformable Kirchhoff plate is considered as such a model [7, 8]. The elastic base is modeled by a layer $\{-\infty < x, y < +\infty, -H \leq z \leq 0\}$ containing a defect that causes a wave field to appear on the surface $z = 0$. We consider a steady-state process, i.e. the time dependence of all unknown and given functions of the problem is given by a factor $\exp(-i\omega t)$. A vertical rigid inclusion, modeled by a mass force distributed along it, is considered as a defect.

The plane xOy of the Cartesian coordinate system coincides with the middle surface of the coating plate, the Oz axis is directed perpendicularly upward. The elastic layer is characterized by elastic Lamé constants λ, μ and material density ρ_0 . The vibration amplitudes of the base

$\mathbf{u}(x, y, z, t) = \{u_j\}$, $j = \overline{1,3}$, satisfy the equations of the theory of elasticity in displacements – the Lamé equations [9]. For steady-state oscillations, the Lamé equations take the form

$$(\lambda + \mu)\text{grad}(\text{div}\mathbf{u}) + \mu\Delta\mathbf{u} + \rho_0\omega^2\mathbf{u} = g(x, y, z),$$

where the free term $g(x, y, z) = f(z)\delta(x - x_0, y - y_0)$ describes a vertical inclusion that simulates a source that excites a wave field on the surface of the structure under consideration, for which

$$f(z) = \begin{cases} C = \text{const}, & z \geq -h; \\ 0, & z < -h. \end{cases}$$

Here $\delta(x, y)$ – two-dimensional Dirac function.

Hereinafter, the time factor is omitted. The lower edge of the elastic layer is clamped, i.e. no movements

$$\mathbf{u}|_{z=-H} = 0,$$

stresses at its upper boundary are caused by the presence of a coating

$$\boldsymbol{\tau}|_{z=0} = \mathbf{q}(x, y).$$

Using the principle of limiting absorption, a solution to the problem for steady-state oscillations of the elastic layer is selected, corresponding to waves diverging from the source, selecting the uniform limit of the singular solution to a similar problem for a medium with absorption when the absorption coefficient tends to zero [9].

Using the integral Fourier transform in the variables x and y , the problem for the foundation is reduced to a boundary value problem for a system of ordinary differential equations (ODE) with respect to images $\mathbf{U}(\alpha, \beta, z)$ with the parameters of the Fourier transform α and β , the subsequent solution of which by standard methods of the ODE theory allows us to obtain integral characteristics of the amplitudes for displacements of points on the elastic layer.

Further, by applying the method of integral transformations, we construct a solution to the problem for the plate and match the solutions based on the condition of ideal contact between the foundation and the coating. The material modeled by the plate of thickness h_0 with thickness-averaged coating parameters is considered homogeneous and isotropic.

In this case, harmonic vibrations of a plate rigidly coupled to an elastic layer are described by a system of linear partial differential equations [7,8] (here, as before, the time factor is omitted)

$$\mathbf{R}(\partial x, \partial y) \mathbf{w}(x, y) - \mathbf{E} \mathbf{g}(x, y) = 0, \quad -\infty < x, y < +\infty.$$

Here the vector $\mathbf{w} = \{w_j\}$, $j = \overline{1,3}$, determines the amplitudes of the plate displacements, $\mathbf{g} = \{g_j\}$ – are the amplitudes of the contact stresses acting from the side of the elastic layer. The elements of the matrix differential operator $\mathbf{R}(\partial x, \partial y)$ and the diagonal matrix $\mathbf{E} = \text{diag}\{-\varepsilon_5, -\varepsilon_5, \varepsilon_5\}$, include the plate parameters: Poisson's ratio ν , Young's modulus E , density ρ , thickness h_0 and vibration frequency ω ,

$$\begin{aligned} R_{11} &= \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \varepsilon_1 \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \varepsilon_4, \quad R_{22} = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \varepsilon_1 \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \varepsilon_4, \\ R_{33} &= \varepsilon_3 \left(\frac{\partial^4}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4}{\partial y^4} \right) - \varepsilon_4, \quad R_{12} = R_{21} = \varepsilon_2 \frac{\partial^2}{\partial x \partial y}, \\ R_{13} &= R_{23} = R_{31} = R_{32} = 0; \quad \varepsilon_1 = \frac{1-\nu}{2}, \quad \varepsilon_2 = \frac{1+\nu}{2}, \quad \varepsilon_3 = \frac{h_0^2}{12}, \quad \varepsilon_4 = \frac{\omega^2 \rho (1-\nu^2)}{E}, \\ \varepsilon_5 &= \frac{1-\nu^2}{E h_0}. \end{aligned}$$

The ideal contact between the coating and the foundation determines the continuity of the vectors for amplitudes of displacements and stresses at the interface between them

$$\mathbf{w}(x, y) = \mathbf{u}(x, y, 0), \quad \mathbf{g}(x, y) = \mathbf{q}(x, y, 0).$$

After the application of the integral Fourier transform to the vibration equations of the plate we obtain integral characteristic of the vector of displacement amplitudes

$$\mathbf{W}(\alpha, \beta) = \mathbf{R}^{-1}(-i\alpha, -i\beta) \mathbf{E} \mathbf{G}(\alpha, \beta),$$

where i – imaginary unit.

From the condition of interaction between the coating and the foundation [10], we obtain the relations for the transformants of the amplitudes for surface displacements.

The result of this work was the calculation of the displacement amplitudes for the coating surface, ideally contacting with the foundation in the form of an elastic layer and in the presence of a vertical inclusion for the plane case. The Fourier transforms obtained were inverted numerically using the theory of residues.

Numerical analysis showed that the dispersion curves for the coated layer differ more from the dispersion curves for the isotropic layer, the denser the coating material is in relation to the foundation material, and the greater its thickness.

Based on the results of the analysis of the properties for the coating/foundation system, a numerical study of the dependence for the surface displacement amplitudes on the vibration frequency ω and coordinate was carried out. An increase in the length of the inclusions didn't show the significant effect on the amplitude of the vertical component for the Rayleigh wave at frequencies before the appearance of the second mode. With an increase in the frequency value ω , the amplitudes of the surface displacements decrease.

The results obtained can find applications in engineering practice for studying the strength properties of materials with coatings, in assessing the operational characteristics of the working parts of structural elements as well as machine parts, etc. Along with such branches as materials science, mechanical engineering, nondestructive testing, problems with the same mathematical basis arise in geophysics and seismology when studying the stress-strain state of geological structures.

Separate fragments of the study were carried out on the subject of the SSC of the Russian Academy of Sciences, Project № 01201354241.

Литература:

1. Александров В.М. Тонкие концентраторы напряжений в упругих телах / В.М. Александров, Б.И. Сметанин, Б.В. Соболев. – М. : Наука, 1993. – 224 с.
2. Кит Г.С. Анализ установившихся колебаний плоского абсолютно жесткого включения в трехмерном упругом теле методом конечных элементов / Г.С. Кит, В.В. Михаськин, О.М. Хай // ПММ. – 2002. – Т.66. – Вып. 5. – С. 855–863.
3. Antipov Y.A. A delaminated inclusion in the case of adhesion and slippage // J. Appl. Math. Mech. – 1996. – № 60. – P. 665–675.
4. Fan T.Y. Continuum constitutive models and analytic solution of crack problems of cellular materials // J. Materials Science and Technology. – 2003. – № 11. – P. 86–105.
5. Dynamic interaction of plane waves unilaterally frictionally constrained inclusion / Y.D. Feng, Y.S. Wang, Z.M. Zhang, J.Z. Cui // Acta Mechanica Solida Sinica. – 2003. – № 16. – P. 189–196.
6. Problems on the vibration of an elastic half-space containing a system of interior cavities / V.A. Babeshko, A.V. Pavlova, S.V. Ratner, R.T. Williams // Doklady Physics. – 2002. – V. 47. – № 9. – P. 677–679.
7. Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластинок и оболочек. – М. : Наука, 1972. – 432 с.
8. Гольденвейзер А.Л. Теория упругих тонких оболочек. – М. : Наука, 1976. – 512 с.
9. Ворович И.И. Динамические смешанные задачи теории упругости для неклассических областей / И.И. Ворович, В.А. Бабешко. – М. : Наука, 1979. – 319 с.
10. Телятников И.С. Об одной модели деформационных процессов в геофизических структурах // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2015. – № 1. – С. 45–49.

Literature:

1. Alexandrov V.M. Thin stress concentrators in elastic bodies / V.M. Alexandrov, B.I. Smetanin, B.V. Sobol. – M. : Nauka, 1993. – 224 p.
2. Kit G.S. Analysis of the Settled Oscillations of a Plane Absolutely Rigid Inclusion in a Three-Dimensional Elastic Body by the Finite Element Method / G.S. Kit, V.V. Mikhaskiv, O.M. Hai // PMM. – 2002. – V. 66. – Issue 5. – P. 855–863.
3. Antipov Y.A. A delaminated inclusion in the case of adhesion and slippage // J. Appl. Math. Mech. – 1996. – № 60. – P. 665–675.
4. Fan T.Y. Continuum constitutive models and analytic solution of crack problems of cellular materials // J. Materials Science and Technology. – 2003. – № 11. – P. 86–105.
5. Dynamic interaction of plane waves unilaterally frictionally constrained inclusion / Y.D. Feng, Y.S. Wang, Z.M. Zhang, J.Z. Cui // Acta Mechanica Solida Sinica. – 2003. – № 16. – P. 189–196.
6. Problems on the vibration of an elastic half-space containing a system of interior cavities / V.A. Babeshko, A.V. Pavlova, S.V. Ratner, R.T. Williams // Doklady Physics. – 2002. – V. 47. – № 9. – P. 677–679.
7. Volmir A.S. Nonlinear dynamics of plates and shells. – M. : Nauka, 1972. – 432 p.
8. Goldenweiser A.L. Theory of elastic thin shells. – M. : Nauka, 1976. – 512 p.
9. Vorovich I.I. Dynamic mixed problems of elasticity theory for non-classical areas / I.I. Vorovich, V.A. Babeshko. – M. : Nauka, 1979. – 319 p.
10. Telyatnikov I.S. On one model of deformation processes in geophysical structures // Environmental Protection in Oil and Gas Complex. – 2015. – № 1. – P. 45–49.

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ВЗРОСЛЫХ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

ADDITIONAL ADULT EDUCATION: CURRENT TRENDS

Терещенко И.А.

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. Дополнительное образование взрослых в современном российском обществе становится актуальной проблемой, которая требует комплексного изучения. В статье автор анализирует и обобщает теоретический материал по изучаемой теме, а также проводит вторичный анализ результатов социологических исследований.

Ключевые слова: дополнительное образование, обучающиеся, образовательные учреждения, рынок образовательных услуг.

Tereshchenko I.A.

Kuban state technological University

Annotation. Additional adult education in modern Russian society is becoming an urgent problem that requires a comprehensive study. In the article, the author analyzes and summarizes the theoretical material on the topic under study, as well as conducts a secondary analysis of the results of sociological research.

Keywords: additional education, students, educational institutions, the market of educational services.

Актуальность статьи обусловлена в первую очередь тем, что перемены, происходящие в российском обществе в социально-политической, социально-экономической сферах требуют высококвалифицированных и всесторонне развитых специалистов, поэтому на первый план выдвигаются институты высшего и дополнительного образования, обеспечивающие воспитательный процесс и реальную интеграцию различных субъектов воспитания в образовательной среде.

Учреждения дополнительного образования, принципиально отличаются от образовательных учреждений тем, что обучающиеся сами имеют возможность выбирать вид и профиль деятельности, уровень сложности и темп освоения образовательной программы дополнительного образования в избранной сфере познания. Участие в коллективах по интересам позволяет каждому обучающему найти себе занятие, которое соответствует его природным наклонностям, добиться успеха в творческой и профессиональной деятельности и на этой основе самоутвердиться в трудовом коллективе, повысить свой социальный и профессиональный статусы.

Занятость учащихся во вне учебное время способствует укреплению самодисциплины, самоорганизованности, умению планировать свое время. На данный момент всё разнообразие направленностей дополнительного образования представляет широкие возможности для расширения и углубления знаний учащихся.

Однако, для того, чтобы обеспечить максимально эффективное развитие личности в системе дополнительного образования, мало знать способы его использования, необходимо также иметь четкое представление о существующем педагогическом потенциале, критериях действенности, способе транслирования информации и т.д.

Проблемой изучения дополнительного образования занимаются ученые разных областей социальных и гуманитарных наук, например, педагогика, социология, психология, философия и др.

Учитывая факт того, что профессиональное образование становится особым товаром, и на сегодняшний день должно отвечать потребностям потребителей [1], то и дополнительному образованию характерны те же тенденции. Это подтверждается исследованиями, направленными на изучение требований учащихся к данной форме получения знаний, а также потребность в получении дополнительного образования в современном российском обществе.

Стоит отметить, что потребность в дополнительном образовании с каждым годом растет. Об этом свидетельствуют результаты социологического исследования, проведенного сотрудниками ВЦИОМ в 2020 г. Так, большинство респондентов (72 %) считают, что дополнительное образование необходимо, а 34 % опрошенных отметили, что дополнительное образование нужно ежегодно [2].

Нетребко Е.Н. и Хлабыстова Н.В. в статье «Социокультурные факторы, определяющие стратегию поведения поступающих негосударственных вузов Краснодарского края» отмечают, что абитуриенты подвержены социокультурным факторам при выборе вуза [3]. Следовательно, и поведение слушателей дополнительного образования подвержено социокультурному влиянию. Изучая, факторы и особенности поведения слушателей дополнительного образования позволит повысить конкурентоспособность образовательного учреждения на рынке образовательных услуг.

Литература:

1. Хлабыстова Н.В. Рынок образовательных услуг: привлечение абитуриентов как основных потребителей // Научный вестник Южного института менеджмента. – 2020. – № 1 (29). – С. 76–78.
2. Запрос на образование. – URL : <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/zapros-na-obrazovanie-1>
3. Нетребко Е.Н., Хлабыстова Н.В. Социокультурные факторы, определяющие стратегию поведения поступающих негосударственных вузов Краснодарского края // Мир науки. Социология, филология, культурология. – 2019. – Т. 10. – № 2. – С. 1.

Literature:

1. Hlabystova N.V. The market of educational services: attracting applicants as the main consumers // Scientific Bulletin of the Southern Institute of Management. – 2020. – № 1 (29). – P. 76–78.
2. Request for education. – URL : <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/zapros-na-obrazovanie-1>
3. Netrebko E.N., Hlabystova N.V. Socio-cultural factors determining the behavior strategy of incoming non-state universities of the Krasnodar territory / |Mir nauki. Sociology, philology, cultural studies. – 2019. – V. 10. – № 2. – P. 1.

ОБРАЗОВАНИЕ КАК ОСОБЫЙ ТОВАР

EDUCATION AS A SPECIAL COMMODITY

Терещенко И.А.

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. Изменения в обществе порождают новую научную проблему – образование как особый товар, и следовательно поведение абитуриентов как потребителей образовательных услуг.

Ключевые слова: рынок образовательных услуг, потребители образовательных услуг, вуз, студент, высшее образование.

Tereshchenko I.A.

Kuban state technological University

Annotation. Changes in society give rise to a new scientific problem-education as a special commodity, and therefore the behavior of applicants as consumers of educational services.

Keywords: educational services market, consumers of educational services, university, student, higher education.

Сегодня никто не сомневается в том, что образование полезно для общества, что оно удовлетворяет его многообразные потребности. Но если это так, то это значит, что в ходе образовательного процесса создается потребительная стоимость, что как раз и означает «полезность вещи, ее способность удовлетворять какую-либо человеческую потребность».

В настоящее время для специалистов, очевидно, что выводить науку, образование, культуру, здравоохранение за пределы общественного производства – это, конечно же, ошибка.

В этом смысле высшее учебное заведение можно представить как своего рода предприятие, а образовательный процесс – как своего рода производственный процесс, который длится определенное время и завершается выпуском уникальной социально-экономической продукции – специалистов для разных сфер общественной жизни. Причем полученное образование можно рассматривать в качестве средства производства, с помощью которого его обладатель в последующем обеспечит себе достойный уровень существования.

Поэтому если требуется понять экономическую природу образования и место обучающегося в системе образования, то нужно от педагогической терминологии перейти к экономическому словарю и разобраться, в каком отношении друг к другу находится вся совокупность понятий, описывающих положение учащихся.

С точки зрения социологической науки, потребительское поведение рассматривается как социально-экономическая категория, так и социокультурный феномен.

Социально-экономической наукой категория «потребитель» рассматривается как социальная роль, которая обусловлена объектом потребления. А потребительское поведение представляет особый тип социального взаимодействия, которое определяется специальными условиями (помещений, платежной системы и пр.), с целью получения ресурсов и удовлетворения своих потребностей [1].

Таким образом, можно сделать вывод, что образование является на сегодняшний день товаром потребления, т.к. оно имеет качества товара и имеет своих потребителей. Образование удовлетворяет не только общественные потребности в целом, но и должно ориентироваться на потребности отдельных личностей. Также необходимо отметить, что процесс обучения часто связан с определенными расходами [2].

Каждый товар имеет свой рынок и соответственно потребители имеют особенности поведения. Особенностью потребления образования является то, что потребители приобретают не материальные вещи, а услугу. Для привлечения абитуриентов администрации вузов необходимо изучать социокультурные особенности поведения потребителей образовательных услуг [3].

Литература:

1. Хлабыстова Н.В. Рынок образовательных услуг: привлечение абитуриентов как основных потребителей // Научный вестник Южного института менеджмента. – 2020. – № 1 (29). – С. 76–78.

2. Игнатова Н.В., Никитин А.П. Образование как предмет потребления // Идеи и идеалы. – 2014. – № 1 (19). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/obrazovanie-kak-predmet-potrebleniya> (дата обращения: 03.08.2021).

3. Нетребко Е.Н., Хлабыстова Н.В. Социокультурные факторы, определяющие стратегию поведения поступающих негосударственных вузов Краснодарского края // Мир науки. Социология, филология, культурология. – 2019. – Т. 10. – № 2. – С. 1.

Literature:

1. Hlabystova N.V. The market of educational services: attracting applicants as the main consumers // Scientific Bulletin of the Southern Institute of Management. – 2020. – № 1 (29). – P. 76–78.

2. Ignatova N.V., Nikitin A.P. Education as a consumer item // Ideas and ideals. – 2014. – № 1 (19). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/obrazovanie-kak-predmet-potrebleniya> (accessed: 03.08.2021).

3. Netrebko E.N., Hlabystova N.V. Socio-cultural factors determining the behavior strategy of incoming non-state universities of the Krasnodar territory / |Mir nauki. Sociology, philology, cultural studies. – 2019. – V. 10. – № 2. – P. 1.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ВОЗМОЖНОСТЯМ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ НА НПЗ

NEW APPROACHES TO THE TECHNOLOGICAL CAPABILITIES OF DEEP OIL REFINING AT REFINERIES

Терещенко Иван Анатольевич

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
ongptr@mail.ru

Кошкош Виктор Дмитриевич

студент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
xd.p2012@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются новые подходы к технологическим возможностям глубокой переработки нефти на НПЗ.

Ключевые слова: глубокая переработка, крекинг, нефтепереработка.

Tereshchenko Ivan Anatolyevich

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban state technological University
ongptr@mail.ru

Koshkosh Viktor Dmitrievich

Student of the Department of equipment for oil and gas fields,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban State Technological University
xd.p2012@yandex.ru

Annotation. This article discusses new approaches to the technological capabilities of deep oil refining at an oil refinery.

Keywords: deep processing, cracking, oil refining.

В настоящее время наиболее широко распространены каталитические процессы углубленной переработки, однако даже они не могут предложить достаточно привлекательный технико-экономический баланс для многих нефтепереработчиков при переработке самых тяжелых видов сырья, а крекирование до стадии кокса было и остается основополагающим компонентом при переработке остатков тяжелой нефти.

К новым технологиям, позволяющим интенсифицировать процессы, следует отнести регулирование структуры и размеров частиц нефтяных дисперсных систем за счет активирования нефтяного сырья путем изменения интенсивности и способов воздействия на систему, что особенно важно в процессах переработки нефти, использующих катализаторы, в том числе наноразмерные. Данные технологии позволяют при минимальных затратах получать высокие экономические эффекты за счет увеличения вы-

хода и улучшения качества получаемой продукции. Разработки в области технологии фазовых переходов и нефтяных дисперсных систем в настоящее время предлагаются многими исследователями.

В настоящее время разработаны принципиально новые каталитические системы в форме дисперсий наночастиц активного компонента. Образование таких частиц происходит непосредственно в реакционной среде. При этом стабилизация самих наноразмерных частиц обеспечивается за счет присутствия в тяжелых нефтяных фракциях смол и асфальтенов, выступающих в качестве своеобразных стабилизаторов наночастиц. Синтез катализатора осуществляется непосредственно в реакционной среде, в атмосфере водорода которой он сохраняет свою стабильность в течение длительного периода времени. Важно, что резкое уменьшение размеров частиц катализатора позволяет снизить необходимое давление водорода при переработке компонентов тяжелого сырья и обеспечивает максимальную конверсию. Оптимальная концентрация катализатора составляет 0,05 % масс.

Такой подход позволяет создавать катализаторы, которые не только сохраняют стабильность в течение длительного времени, но и проявляют очень высокую активность при низких концентрациях (сотые доли процента) и относительно низких для переработки тяжелого сырья давлениях (до 10 МПа). Металлы, которые присутствовали в исходном сырье, практически отсутствуют в продуктах, а содержание серы уменьшается в два-три раза. Выход продуктов с температурой кипения до 350 °С составляет более 70 %. Получаемая коллоидная система не теряет своей агрегационной устойчивости при удалении образующихся в процессе легких фракций и может быть направлена на рецикл.

Указанный подход также подтвердил свою ценность не только для переработки гудрона, полученного из различных нефтей, но и для тяжелых высоковязких нефтей, битумов.

Литература:

1. Анализ состава лакокрасочных покрытий для нефтегазового оборудования / А.В. Поляков [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 281–284.
2. Хрупкое разрушение горных пород / В.И. Дунаев [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 6 (330). – С. 18–20.
3. Возможности расширения системы газоснабжения удалённых населённых пунктов регионов России с помощью автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 6. – С. 225–228.
4. Математическая модель энергического критерия хрупкого разрушения / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 29–32.
5. Исследование математической модели энергического критерия разрушения хрупких материалов / В.И. Дунаев [и др.] // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2019. – Т. 16. – № 1. – С. 21–25.
6. Классификация современных методов неразрушающего контроля. Возможность применения для диагностики оборудования нефтегазовой отрасли / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 138–142.
7. Совершенствование технологии борьбы с гидратообразованием / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-

практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 181–183.

8. Мозговой Д.Н., Ханюченко Н.Д. Проведение основных диагностических испытаний перед ГРП // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 255–257.

Literature:

1. Analysis of the composition of paint coatings for oil and gas equipment / A.V. Polyakov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vols. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 281–284.

2. Brittle failure of rocks / V.I. Dunayev [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 6 (330). – P. 18–20.

3. Possibilities of expansion of gas supply systems of remote settlements in the regions of Russia by means of autonomous gas supply systems / S.I. Shiyan [et al.] // Bulatov's readings. – 2020. – V. 6. – P. 225–228.

4. Mathematical model of energetic criterion of brittle failure / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of International Scientific-Practical Conference devoted to the 75-th anniversary of the Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 29–32.

5. Research of mathematical model of energy criterion of brittle materials fracture / V.I. Dunayev [et al.] // Environmental Bulletin of Scientific Centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2019. – V. 16. – № 1. – P. 21–25.

6. Classification of modern methods of non-destructive testing. Possibility of application for diagnostics of the oil and gas industry equipment / A.V. Polyakov [et al.] // Nauka. New generation. Success: materials of International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 138–142.

7. Improvement of technology to combat hydrate formation / A.V. Polyakov [etc.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in the Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 181–183.

8. Mozgovoy D.N., Khanuchenko N.D. Carrying out basic diagnostic tests before hydraulic fracturing // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vols. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – V. 1. – P. 255–257.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТАЛЕВОЙ СИСТЕМЫ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ

DESIGN FEATURES OF THE TACKLE SYSTEM DRILLING RIG

Терещенко Иван Анатольевич

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»?
Кубанский государственный технологический университет
ongptr@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены конструктивные особенности талевого системы буровой установки, правильный выбор кратности оснастки и особенности эксплуатации талевого системы.

Ключевые слова: буровая установка, талевый канат, барабан, спуско-подъемные операции (СПО).

Tereshchenko Ivan Anatolyevich

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban state technological University
ongptr@mail.ru

Annotation. The design features of the tackle system of the drilling rig, the correct choice of the multiplicity of the equipment and the features of the operation of the tackle system are considered.

Keywords: drilling rig, wireline, drum, round-trip operations (RWO).

Талевая система является одним из наиболее ответственных узлов современных буровых установок. Опасность аварий, вызванных обрывом каната, обуславливает повышенное внимание как к расчету параметров талевого системы, так и к состоянию каната в процессе эксплуатации. Перспективное увеличение глубин и объемов бурения и интенсификация процесса спуско-подъема делает условия работы каната более тяжелыми и соответственно увеличивает расход каната. Талевая система буровых установок служит для преобразования вращательного движения барабана лебедки в поступательное перемещение крюка, на котором подвешена колонна, а также для уменьшения силы натяжения струн и конца талевого каната, наматываемого на барабан лебедки за счет увеличения скорости его движения. Талевая система состоит из неподвижного кронблока, подвижного талевого блока, гибкой связи (талевого каната, соединяющего неподвижный и подвижный блоки), бурового крюка, штропов и элеватора, на которые подвешивают колонну бурильных или обсадных труб, устройства для крепления неподвижного конца талевого каната, допускающего перепуск каната.

Талевая система работает в условиях переменных циклических нагрузок, особенно во время СПО, и в условиях вибрационных нагрузок в процессе бурения и СПО. Вибрации колонны передаются талевой системе и вызывают колебания не только её элементов, но и вышки. При выборе и оценке конструкции оснастки талевого системы следует иметь в виду, что от ее типа и конструкции во многом зависят затраты времени на СПО.

По мере увеличения глубины скважин вес бурильных колонн, которые приходится спускать и поднимать, увеличивается, а максимальная скорость намотки ведущей струны талевого каната на барабан лебедки остается практически неизменной ($V < 20$ м/с) для буровых установок различных классов. Поэтому для каждого класса установки применяют талевую систему со своей кратностью оснастки.

Правильный выбор кратности оснастки талевой системы имеет важное значение. От кратности оснастки и нагрузки на крюке зависят параметры элементов спуско-подъемного комплекса буровой установки, участвующих в процессе спуско-подъемных операций при бурении скважины. От кратности оснастки и нагрузки на крюке зависят диаметр и длина используемого талевого каната, кинематика трансмиссионной части и нагруженность всей подъемной части бурового комплекса, включающей талевый механизм, буровую лебедку и ее привод.

При снижении усилий в струнах каната можно уменьшить его диаметр и, соответственно, диаметры барабана лебедки и шкивов талевого блока и кронблока. Однако при увеличении длины каната возрастает необходимая канатоемкость барабана, число слоев навивки и скорость движения тяговой струны. С увеличением кратности оснастки растет также число изгибов каната на шкивах.

Скорость подъема крюка определяется по формуле (1):

$$V_{KP} = \frac{\pi \cdot D_{CP} \cdot n_d}{60 \cdot U_{TC} \cdot U_{TP}}, \quad (1)$$

где D_{CP} – средний расчетный диаметр навивки каната на барабан лебедки, м; n_d – частота вращения вала двигателя, об/мин; U_{TC} – передаточное число (кратность) оснастки талевой системы; U_{TP} – передаточное число трансмиссии (от вала двигателя до лебедки).

Из формулы (1) имеем

$$U_{TP} = \frac{\pi \cdot D_{CP} \cdot n_d}{60 \cdot V_{KP} \cdot U_{TC}}. \quad (2)$$

Из (2) видно, что в приводе традиционных буровых лебедок необходимое передаточное число трансмиссии уменьшается с увеличением кратности оснастки талевой системы. Благодаря меньшему редуцированию упрощается конструкция и снижается металлоемкость трансмиссии. С увеличением кратности оснастки уменьшаются изгибающие и крутящие моменты, которые действуют на детали подъемного механизма, расположенные между лебедкой и двигателями, и возрастает запас сцепления фрикционных муфт и запас торможения ленточного тормоза буровой лебедки.

Однако, в связи с увеличением скоростей трения в муфтах и тормозах, износ трущихся поверхностей будет возрастать. Кроме того увеличиваются динамические нагрузки и износ каната, ухудшается инерционность системы, к.п.д. талевой системы и, как результат, растут затраты машинного времени при СПО.

Взаимосвязь между скоростью движения тяговой струны, частотой вращения барабана, расчетным диаметром навивки каната на барабан, скоростью крюка и передаточным отношением оснастки талевой системы находится по номограмме (рисунок 1) или по формуле (3):

$$V_T = \omega \cdot \frac{D_{CP}}{2} = \frac{\pi \cdot D_{CP} \cdot n_B}{60} = V_{KP} \cdot U_{TC}. \quad (3)$$

Для рационального использования установленной мощности и уменьшения времени подъема крюка привод лебедки должен иметь характеристику, обеспечивающую постоянство реализуемой мощности на крюке

$$N_{KP} = Q_{KP} \cdot V_{KP} = idem, \quad (4)$$

$$V_{KP} \cdot G_{TC} + N_{KP} = N_B \cdot \eta_{TC(n)}, \quad (5)$$

где N_{KP} – мощность на крюке, Вт; Q_{KP} – нагрузка на крюке, Н; G_{TC} – вес подвижной части талевого системы, Н; N_B – мощность на барабане лебедки, Вт; $\eta_{TC(n)}$ – к.п.д. талевого системы при подъеме n свечей.

Мощность двигателей привода подъемного механизма определяется по формуле

$$N_D = \frac{N_B}{\eta_{TP}}, \quad (6)$$

где η_{TP} – коэффициент полезного действия (к.п.д.) трансмиссии подъемного агрегата (от вала двигателя до барабана лебедки).

Значение к.п.д. трансмиссии принимают $\eta_{TP} = 0,5–0,9$ в зависимости от конструкции силового привода. При групповом силовом приводе мощность подъемной системы выбирают с учетом мощности для привода насосов.

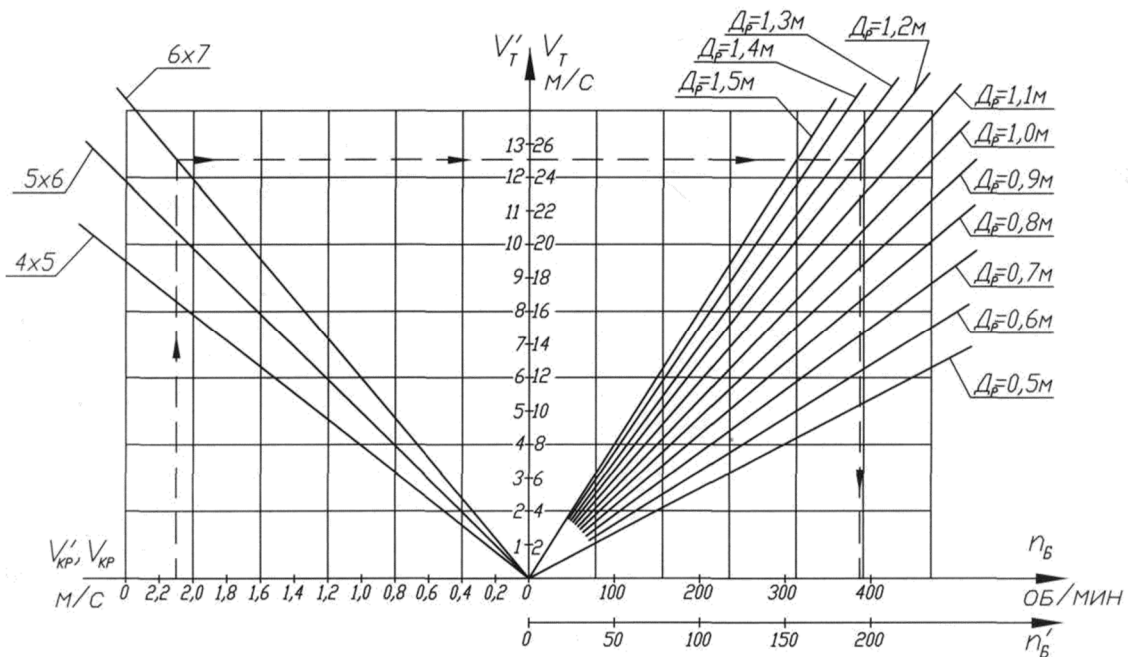


Рисунок 1 – Взаимосвязь между скоростью тяговой струны, скоростью подъема крюка, типом оснастки талевого системы, расчетным диаметром навивки каната и частотой вращения барабана: $V_{кр}, V_t, n_B$ – для обычной (традиционной) талевого системы; $V'_{кр}, V'_t, n'_B$ – для талевого системы с двумя тяговыми концами каната, одновременно наматываемыми на барабан

Литература:

1. Возможности расширения системы газоснабжения удалённых населённых пунктов регионов России с помощью автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 6. – С. 225–228.
2. Математическая модель энергического критерия хрупкого разрушения / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 29–32.
3. Решение проблем газификации регионов России путем создания автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сборник трудов XVIII международной научно-

технической конференции «Чтения памяти В. Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады. – Екатеринбург, 2020. – С. 182–185.

4. Об одной математической модели в задаче гидроразрыва нефтеносного пласта / В.И. Дунаев [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 10 (334). – С. 39–41.

5. Исследование математической модели энергетического критерия разрушения хрупких материалов / В.И. Дунаев [и др.] // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2019. – Т. 16. – № 1. – С. 21–25.

6. Классификация современных методов неразрушающего контроля. Возможность применения для диагностики оборудования нефтегазовой отрасли / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 138–142.

7. Совершенствование технологии борьбы с гидратообразованием / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 181–183.

8. Мозговой Д.Н., Ханюченко Н.Д. Проведение основных диагностических испытаний перед ГРП // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 255–257.

9. Образование отложений в проточной части нагнетателя после извлечения газа из подземного хранилища газа / М.С. Степанов [и др.] // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2018. – № 2 (112). – С. 61–66.

10. Анализ структуры пен при пеногашении / А.В. Поляков [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 162–166.

Literature:

1. Possibilities of expanding the gas supply system of remote settlements of Russian regions with the help of autonomous gas supply systems / S.I. Shiyan [et al.] // Bulatov readings. – 2020. – V. 6. – P. 225–228.

2. Mathematical model of energetic criterion of brittle failure / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success: Proceedings of International Scientific-Practical Conference on the 75-th anniversary of Victory in the Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 29–32.

3. Solution of problems of gasification of Russian regions by creating autonomous gas supply systems / S.I. Shiyan [etc.] // Technological equipment for mining and oil and gas industry. Proceedings of XVIII International Scientific and Technical Conference «Readings in memory of V.R. Kubachek», held within the framework of the Ural Mining and Industrial Decade. – Yekaterinburg, 2020. – P. 182–185.

4. About one mathematical model in the task of oil-bearing formation hydraulic fracturing / V.I. Dunayev [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 10 (334). – P. 39–41.

5. Study of the mathematical model of the energy criterion for fracture of brittle materials / V.I. Dunayev [et al.] // Environmental Bulletin of Scientific Centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2019. – V. 16. – № 1. – P. 21–25.

6. Classification of modern methods of non-destructive testing. Possibility of application for diagnostics of the oil and gas industry equipment / A.V. Polyakov [et al.] // Nauka. New generation. Success: materials of International Scientific-Practical Conference dedicated

to the 75-th anniversary of Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 138–142.

7. Improvement of technology to combat hydrate formation / A.V. Polyakov [etc.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in the Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 181–183.

8. Mozgovoy D.N., Khanuchenko N.D. Carrying out basic diagnostic tests before hydraulic fracturing // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vols. – Krasnodar : Publishing House-South, 2020. – V. 1. – P. 255–257.

9. Formation of deposits in the flowing part of the supercharger after gas extraction from underground gas storage / M.S. Stepanov [et al.] // Problems of collection, preparation and transport of oil and oil products. – 2018. – № 2 (112). – P. 61–66.

10. Analysis of foam structure during defoaming / A.V. Polyakov [et al.] // REFERATOTECH : Materials of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 162–166.

СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ МОРСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ

LARGE DIAMETER PIPES WITH HIGH DEFORMATION CAPACITY

Терещенко Иван Анатольевич

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
ongptr@mail.ru

Ковалева София Сергеевна

магистр кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
sofiyakovaleva@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены факторы, влияющие на коррозионно-электрохимические характеристики малоуглеродистой стали для подводных трубопроводов в морских условиях и способы защиты трубопроводов от коррозии.

Ключевые слова: трубопровод, электропроводность, поляризация, гальванический элемент, электрод.

Tereshchenko Ivan Anatolievich

Senior Lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University
ongptr@mail.ru

Kovaleva Sofiya Sergeevna

Magister of the Department of equipment for oil and gas fields,
KubanStateTechnologicalUniversity
sofiyakovaleva@mail.ru

Annotation. This article discusses the factors affecting the corrosion-electrochemical characteristics of mild steel for subsea pipelines in offshore conditions and methods of protecting pipelines from corrosion.

Keywords: pipeline, electrical conductivity, polarization, galvanic cell, electrode.

Промышленная добыча нефти и газа в морях обладают высокой эффективностью, как показывает опыт. На нефть и природный газ перспективна не только зона континентального шельфа, но и вся зона континентального склона, которая занимает значительную территорию. Добыча нефти и газа практически во всех морях и океанах стала возможна благодаря развитию техники и разработки морских месторождений, которые находятся на глубине 3000 м и более. Из-за роста объемов разработки нефтегазовых месторождений на морских акваториях происходит расширение работ по строительству морских трубопроводов, которые обеспечивают транспортировку продукции скважин до сооружений, которые расположены берегу.

Морские трубопроводы во время эксплуатации также подвержены коррозии, причиной которой является воздействие морской воды, способ укладки, методы пассивной и активной защиты. Внутренняя коррозия вызвана примесями влаги, сероводорода и солей, которые содержатся в транспортируемой рабочей среде. Коррозия подводных

трубопроводов несет значительный экономический и материальный ущерб. Она вызывает преждевременный износ трубопровода, также уменьшает межремонтный срок оборудования и приводит к дополнительным потерям транспортируемой продукции.

Морская коррозия является одним из видов электрохимической коррозии. Морская вода является отличным электролитом. Она хорошо аэрирована, содержит ~ 8 мг/л кислорода. Морская вода обладает высокой электропроводностью, которая достигает $3 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ и исключает возникновение омического торможения. Водородный показатель среда – нейтральный ($\text{pH} = 7,2 - 8,6$). Морская вода обладает депассивирующим действием, так как в ней находятся растворенные хлориды (ионы-активаторы Cl^-) по отношению к металлической поверхности, то есть морская вода может разрушать и предотвращать появление на поверхности металла пассивных пленок.

Для морских нефтегазопроводных систем в настоящее время используют пассивную (лакокрасочные и защитные покрытия) и активную защиту от коррозии. Активная защита состоит в наложении катодного тока, замедляющего коррозию трубопроводов до допустимых величин. Электрохимическая защита от коррозии подводных морских частей стальных сооружений и гидротехнических конструкций основана на наложении внешнего тока методом катодной поляризации на защищаемый объект, используя при этом не только катодную защиту, но и наложенный ток гальванических анодов (протекторов). Конкретные показатели потенциала необходимой и достаточной защищенности морских сооружений немного разнятся. Для нормального режима работы системы электрохимической защиты потенциал сооружения предлагают удерживать в пределах от $-0,79 \text{ В}$ до $-0,89 \text{ В}$ относительно хлорсеребряного электрода. При этом применяются длинные и тонкие или двойные аноды, которые обеспечивают большой начальный ток и большую площадь контакта с морской водой. Контроль режима работы электрохимической защиты необходимо контролировать методом измерения в различных точках защитного потенциала сооружения. Обычно измерение потенциала сооружения производят в местах, расположенных по периметру сооружения через каждые 20–25 метров по длине трубопровода, а также нескольких точках по высоте. Измерения производят высокоомным вольтметром относительно хлорсеребряного или медносульфатного электрода сравнения.

Одной из важнейших проблем при эксплуатации трубопроводов на сегодняшний день является коррозионное разрушение поверхности трубопровода. Из-за коррозии происходит безвозвратная потеря металла и ущерб от этого состоит из затрат на ремонт оборудования, которое преждевременно вышло из строя, а также из затрат на ликвидацию последствий аварии.

Литература:

1. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов / Е.И. Величко [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.

3. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.

4. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.

5. Величко Е.И., Музыкантова А.В., Иноземцев Д.А. Возникновение отказов энергетического оборудования нефтегазовой отрасли в зависимости от периода его эксплуатации // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 23–28.

6. Принципы построения и структура системы диагностического обслуживания газоперекачивающих агрегатов / Д.А. Иноземцев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 148–151.

7. Величко Е.И., Иноземцев Д.А. Роль параметрической диагностики в общей системе определения текущего технического состояния газоперекачивающих агрегатов // Проблемы геологии, разработки и эксплуатации месторождений и транспорта трудноизвлекаемых запасов углеводородов. Материалы всероссийской научно-технической конференции (с международным участием). – 2021. – С. 238–241.

8. Формирование математической модели спектра вибрации, отражающей повреждения элементов подшипника качения роторных агрегатов / Е.И. Величко [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 6 (330). – С. 27–32.

9. Влияние отложений на лопатках на работу нагнетателя газоперекачивающего агрегата / П.С. Кунина [и др.] // Нефть. Газ. Новации. – 2018. – № 5. – С. 55–57.

10. Проблемы анализа технического состояния современных приводов компрессорных установок магистральных газопроводов / П.С. Кунина [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2019. – № 3. – С. 56–58.

11. Анализ дефектов опорных элементов газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций магистральных газопроводов / П.С. Кунина [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2016. – № 4. – С. 68–75.

Literature:

1. Analysis of features and calculation of multiplier gears / E.I. Velichko [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific-Practical Conference : in 3 vols. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.

3. Failures revealed by the method of GTE diagnosing on the thermo-gas-dynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Science. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.

4. Inozemtsev D.A., Tereschenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnostics of gas compressor units // REFERATOTECH : proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.

5. Velichko E. I., Muzykantova A. V., Inozemtsev D. A. The Occurrence of Failures of Power Equipment of Oil and Gas Industry Depending on the Period of Operation // Nauka. New generation. Success: materials of International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 23–28.

6. Principles of construction and structure of diagnostic maintenance system of gas compressor units / D.A. Inozemtsev [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 148–151.

7. Velichko E.I., Inozemtsev D.A. The role of parametric diagnostics in the general system of determining the current technical condition of gas compressor units // Problems of geology, development and operation of fields and transport of hard-to-recover hydrocarbon reserves. Materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference (with international participation). – 2021. – P. 238–241.

8. Formation of a mathematical model of the spectrum of vibration, reflecting the damage to the elements of the rolling bearing of rotor units / E.I. Velichko [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 6 (330). – P. 27–32.

9. Influence of deposits on blades on operation of a gas pumping unit blower / P.S. Kunina [et al.] // Neft. Gas. novation. – 2018. – № 5. – P. 55–57.

10. Problems of analyzing the technical condition of modern drives of compressor units of main gas pipelines / P.S. Kunina [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2019. – № 3. – P. 56–58.

11. Analysis of defects of support elements of gas compressor units of compressor stations of main gas pipelines / P.S. Kunina [et al.] // Territory Neftegaz. – 2016. – № 4. – P. 68–75.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ С ВЫСОКИМИ МЕХАНИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПРОЧНОСТИ

FEATURES OF THE DESIGN OF PIPELINES WITH HIGH MECHANICAL STRENGTH INDICATORS

Терещенко Иван Анатольевич

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
ongptr@mail.ru

Апанаева Диана Равильевна

студент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
dapanaeva@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются особенности проектирования трубопроводов с высокими механическими показателями прочности.

Ключевые слова: трубопровод, прочность, проектирование, технологические требования, вязкость, давление.

Tereshchenko Ivan Anatolievich

senior lecturer of the Department of equipment for oil and gas fields
Kuban State Technological University
ongptr@mail.ru

Apanaeva Diana Ravilievna

Student of the Department of equipment for oil and gas fields,
Kuban State Technological University
dapanaeva@mail.ru

Annotation. This article discusses the design features of pipelines with high mechanical strength.

Keywords: pipeline, strength, design, technological requirements, viscosity, pressure

Магистральным направлением развития техники является стремление постоянно увеличивать мощность и производительность оборудования, энергетических установок, транспортных средств и т.п. Это требует применения конструкционных материалов все более высокой прочности, так как увеличение расчетных нагрузок может быть компенсировано, то есть без существенного увеличения металлоемкости, только за счет увеличения допускаемых напряжений (расчетных сопротивлений).

В настоящее время при строительстве магистральных трубопроводов нового поколения применяют трубы повышенной прочности, которые позволяют ограничить толщину стенки труб значениями 27–30 мм.

Помимо высокой прочности листовая прокат трубных сталей во всем температурном диапазоне эксплуатации трубопровода должен обладать высоким уровнем пластических и вязкостных свойств, что необходимо для обеспечения статической трещи-

нотойкости (предотвращение развития трещин от дефектов всех типов), а также сопротивляемости распространению протяженных разрушений (характерных для магистральных газопроводов). Обеспечение сочетания высоких значений прочностных характеристик: предела текучести и временного сопротивления, и характеристик вязкости разрушения: коэффициента интенсивности напряжений и пластического раскрытия у вершины трещины, является сложной технологической задачей и относится к приоритетным направлениям научных исследований в области создания высокопрочных и высоковязких труб нового поколения.

Помимо традиционных способов повышения прочности стали за счет увеличения процентного содержания углерода, в последние годы в металлургической отрасли были освоены другие способы достижения высокой прочности листового проката трубных сталей, в частности за счет применения упрочняющей термообработки листа в процессе прокатки (так называемые, стали контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением). Для того чтобы увеличить «лимит» на легирующие добавки, необходимые для достижения эффекта упрочняющей термообработки, и при этом не ухудшить свариваемость (которая регламентируется ограничением эквивалента углерода и параметра стойкости против растрескивания), процентное содержание углерода пришлось понизить до 0,07–0,09 %.

Снижение металлоемкости конструкций за счет повышения допускаемых напряжений можно обеспечить двумя способами: повышая характеристики прочности металла или понижая величину коэффициента запаса. Система коэффициентов запаса, принятая в СНиП 2.05.06-85* «Магистральные трубопроводы» (при расчетном определении толщины стенки труб), позволяет учитывать категории качества изготовления труб посредством коэффициентов надежности по материалу. Поэтому трубы позволяют уменьшить величину коэффициентов надежности по материалу для этих категорий труб. При проектировании трубопроводов из этих труб при прочих равных условиях требуемая по расчету толщина стенки труб уменьшается на 5–10 %.

Основным технологическим требованием, предъявляемым к механическим свойствам труб и трубных деталей, является сохранение запаса пластичности после всех операций технологического передела при изготовлении труб на трубопрокатных заводах (после вальцовки, сварки, экспандирования, гидроиспытаний и т.п.).

Для оценки статической трещиностойкости, которая характеризует сопротивляемость металла трубы возникновению трещины от дефекта, на основе многочисленных научных исследований и опыта эксплуатации трубопроводов принята консервативная оценка вязкости разрушения.

Для магистральных газопроводов, а также для участков трубопроводов, подвергаемым пневматическим испытаниям, определяющим предельным состоянием по вязкости разрушения является сопротивляемость протяженным разрушениям.

Применение высокопрочных труб повышенных категорий качества – магистральный путь развития трубопроводного транспорта нефти и газа, так как только этот подход позволяет обеспечить снижение металлоемкости конструкций при существующей тенденции увеличения рабочего давления в магистральных трубопроводах.

Литература:

1. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов / Е.И. Величко [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.

3. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.

4. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.

5. Принципы построения и структура системы диагностического обслуживания газоперекачивающих агрегатов / Д.А. Иноземцев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 148–151.

6. Величко Е.И., Иноземцев Д.А. Роль параметрической диагностики в общей системе определения текущего технического состояния газоперекачивающих агрегатов // Проблемы геологии, разработки и эксплуатации месторождений и транспорта трудноизвлекаемых запасов углеводородов. Материалы всероссийской научно-технической конференции (с международным участием). – 2021. – С. 238–241.

7. Формирование математической модели спектра вибрации, отражающей повреждения элементов подшипника качения роторных агрегатов / Е.И. Величко [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 6 (330). – С. 27–32.

8. Влияние отложений на лопатках на работу нагнетателя газоперекачивающего агрегата / П.С. Кунина [и др.] // Нефть. Газ. Новации. – 2018. – № 5. – С. 55–57.

9. Проблемы анализа технического состояния современных приводов компрессорных установок магистральных газопроводов / П.С. Кунина [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2019. – № 3. – С. 56–58.

10. Анализ дефектов опорных элементов газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций магистральных газопроводов / П.С. Кунина [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2016. – № 4. – С. 68–75.

Literature:

1. Analysis of features and calculation of multiplier gears / E.I. Velichko [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific-Practical Conference : in 3 vols. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.

2. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.

3. Failures revealed by the method of GTE diagnosing on the thermo-gas-dynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Science. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.

4. Inozemtsev D.A., Tereschenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnostics of gas compressor units // REFERATOTECH : proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.

5. Principles of construction and structure of diagnostic maintenance system of gas compressor units / D.A. Inozemtsev [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 148–151.

6. Velichko E.I., Inozemtsev D.A. The role of parametric diagnostics in the general system of determining the current technical condition of gas compressor units // Problems of geology, development and operation of fields and transport of hard-to-recover hydrocarbon re-

serves. Materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference (with international participation). – 2021. – P. 238–241.

7. Formation of a mathematical model of the spectrum of vibration, reflecting the damage to the elements of the rolling bearing of rotor units / E.I. Velichko [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 6 (330). – P. 27–32.

8. Influence of deposits on blades on operation of a gas pumping unit blower / P.S. Kunina [et al.] // Neft. Gas. novation. – 2018. – № 5. – P. 55–57.

9. Problems of analyzing the technical condition of modern drives of compressor units of main gas pipelines / P.S. Kunina [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2019. – № 3. – P. 56–58.

10. Analysis of defects of support elements of gas compressor units of compressor stations of main gas pipelines / P.S. Kunina [et al.] // Territory Neftegaz. – 2016. – № 4. – P. 68–75.

ВИНТОВОЙ БЛОК КОМПРЕССОРА

SCREW COMPRESSOR UNIT

Тлий Диана Азметовна

Кубанский государственный технологический университет
dianatly@yandex.ru

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Степанов Михаил Сергеевич

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
m.s.stepanov@mail.ru

Аннотация. В настоящее время наиболее актуально использование винтовых компрессоров, что обусловлено их относительно небольшими размерами. При этом данный вид оборудования сохраняет высокие показатели производительности.

Ключевые слова: компрессорное оборудование, винтовой компрессор, винтовой блок, ведущий ротор, ведомый ротор, зубчатое зацепление, смазочный материал.

Tliy Diana Azmetovna

Kuban state technological University
dianatly@yandex.ru

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

Senior Lecturer, Department of oil and gas fields equipment,
Kuban State Technological University

Stepanov Mikhail Sergeevich

Senior Lecturer, Department of oil and gas fields equipment,
Kuban State Technological University
m.s.stepanov@mail.ru

Annotation. Currently, the use of screw compressors is most relevant, due to their relatively small size. At the same time, this type of equipment retains high performance indicators.

Keywords: compressor equipment, screw compressor, screw block, drive rotor, driven rotor, gear engagement, lubricant.

Компрессорное оборудование является важной частью нефтегазовой промышленности, поэтому его совершенствование и развитие – это приоритетное направление деятельности. Вследствие этого компрессоры на сегодняшний день представляют собой широкий спектр оборудования и установок, которое может быть подразделено на группы в зависимости от различных признаков – рабочими характеристиками, особенностями работы, принципом действия и так далее.

В зависимости от характеристик компрессорного оборудования оно может отличаться различными свойствами, которые обуславливают его достоинства и недостатки. В настоящее время наиболее актуально использование винтовых компрессоров, что

обусловлено их относительно небольшими размерами. При этом данный вид оборудования сохраняет высокие показатели производительности. Винтовые компрессоры являются подгруппой компрессоров объемного типа, потому что в них давление повышается вследствие уменьшения объема камеры сжатия.

Одна из обязательных составляющих винтового компрессора – это винтовой блок. Он выполняет роль одного из главных элементов системы, ввиду того, что именно в нем протекают основные технологические процессы, такие как сжатие газа. Это происходит посредством вращения ротора. Габаритные размеры винтового блока могут изменяться в довольно большом диапазоне, который зависит от характеристик компрессора, в основном – от мощности. Принципиальная схема винтового блока обычно содержит такие элементы, как корпус, ведущий и ведомый роторы, крышка блока и термостат. Роторы прикрепляются к валу, который, в свою очередь, напрямую передает вращение. Помимо этого в состав данного блока обычно входит большое количество подшипников различного вида, а также гайки, втулки, штифты и различные уплотнители.

Принцип работы винтового блока таков, что присутствует зубчатое зацепление между роторами, а при их вращении из-за разряжения воздух поступает в пространство, образованное полостями роторов и корпусом винтового блока. В зубчатом зацеплении роторы движутся в противоположные стороны, при этом происходит закрытие полостей и уменьшение объема и, соответственно, давление возрастает. Далее, при достижении необходимых показателей, воздух направляется далее в нагнетательный патрубок.

Работа винтового блока возможна только при условии правильного исполнения его элементов – корпуса и роторов. Еще один важный пункт – это подходящий смазочный материал. Его роль – создание защитной пленки, препятствующей контакту поверхностей, уплотнение зазора, терморегуляция.

Литература:

1. Величко Е.И. Совершенствование методов диагностики промышленного оборудования, обеспечивающих сокращение потерь скважинной продукции, с целью повышения его эффективности : дисс. ... канд. техн. наук / Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2010.

2. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А., Кесова Е.Ф. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.

3. Степанов М.С., Величко Е.И. Анализ причин выхода из строя центробежных нагнетателей // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2021. – № 7 (343). – С. 20–23.

4. Величко Е.И., Кесова Е.Ф., Иноземцев Д.А. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.

5. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – С. 012076.

6. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.

7. Традиционные методы охлаждения камер сгорания ГТУ / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-

практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1 – С. 236–238.

8. Иноземцев Д.А., Степанов М.С. Современные сооружения системы транспорта и хранения углеводородного сырья как объекты технического диагностирования // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 141–144.

9. Степанов М.С., Величко Е.И. Образование соляных отложений в проточной части нагнетателя / REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 121–123.

10. Stepanov M.S., Bunyakin A.V. Diagnostics of sediment occurrence in interblade channel of injector impeller of gas compressing station by changes of gas flow and torque // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 459 (Int. Science and Technology Conf. «EarthScience», Russky Island, 10–12 dec.). – DOI: 10.1088/1755-1315/459/5/052081

11. Дубов В.В., Поляков А.В., Степанов М.С. Оценка технического состояния аппаратов сбора и подготовки продукции скважин, отработавших срок службы на территории Краснодарского края // Нефть. Газ. Новации. – 2014. – № 5 (184). – С. 32–35.

12. Особенность контроля ультразвуковыми методами оборудования с транспортируемой или хранимой средой / П.С. Кунина [и др.] // Нефтегазовое дело. – 2018. – Т. 16. – № 1. – С. 62–70.

Literature:

1. Velichko E.I. Improvement of diagnostic methods of field equipment, providing reduction of losses of well products in order to improve its efficiency : dissertation. Candidate of Technical Sciences / Kuban State Technological University. – Krasnodar, 2010.

2. Inozemtsev D.A., Tereschenko I.A., Kesova E.F. Modern approach to diagnosing gas compressor units // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.

3. Stepanov M.S., Velichko E.I. Analysis of the causes of failure of centrifugal blowers // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2021. – № 7 (343). – P. 20–23.

4. Velichko E.I., Kesova E.F., Inozemtsev D.A. Analysis of features and calculation of multiplier gears // REFERATOTECH : proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.

5. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.

6. Failures detected by the method of GTE diagnosing by thermogasdynamic parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.

7. Traditional methods of cooling GTU combustion chambers / D.A. Inozemtsev [et al.] // Nauka. New generation. Success : Materials of II International scientific-practical conference: in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 236–238.

8. Inozemtsev D.A., Stepanov M.S. Modern constructions of hydrocarbon raw materials transportation and storage systems as objects of technical diagnostics // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 141–144.

9. Stepanov M.S., Velichko E.I. Formation of salt deposits in the flowing part of a supercharger / REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 2. – P. 121–123.

10. Stepanov M.S., Bunyakin A.V. Diagnostics of sediment occurrence in interblade channel of injector impeller of gas compressing station by changes of gas flow and torque // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 459 (Int. Science and Technology Conf. «EarthScience», Russky Island, 10–12 December). – DOI: 10.1088/1755-1315/459/5/052081.

11. V.V. Dubov, A.V. Polyakov, M.S. Stepanov. Evaluation of Technical State of Gathering and Preparation Devices for Production of Wells, which Expired their Service Life in Krasnodar Territory // Oil. Gas. novation. – 2014. – № 5 (184). – P. 32–35.

12. Feature of control by ultrasonic methods of equipment with transported or stored medium / P.S. Kunina [et al.] // Neftegazovoye delo. – 2018. – V. 16. – № 1. – P. 62–70.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТАЦИОНАРНОГО
ПЕРЕНОСА 1 : 1 ЭЛЕКТРОЛИТА В СЕЧЕНИИ КАНАЛА
ОБЕССОЛИВАНИЯ С УЧЕТОМ НЕКАТАЛИТИЧЕСКОЙ
РЕАКЦИИ ДИССОЦИАЦИИ/РЕКОМБИНАЦИИ МОЛЕКУЛ ВОДЫ**

**A MATHEMATICAL MODEL OF STATIONARY 1 : 1 ELECTROLYTE
TRANSFER IN THE SECTION OF THE DESALINATION CHANNEL
TAKING INTO ACCOUNT THE NON-CATALYTIC REACTION
OF DISSOCIATION / RECOMBINATION OF WATER MOLECULES**

Троценко Екатерина Сергеевна

Ассистент кафедры прикладной математики,
Кубанский государственный университет
trotsenkokatya@yandex.ru

Сеидова Наталья Михайловна

кандидат физ.- мат. наук,
доцент кафедры прикладной математики,
Кубанский государственный университет
natalia.seidova@gmail.com

Коваленко Анна Владимировна

заведующая КАДИИ,
доктор технических наук,
Кубанский государственный университет
Savanna-05@mail.ru

Гудза Виталий Александрович

младший научный сотрудник НИЧ,
Кубанский государственный университет
vitaliy.gudza@gmail.com

Письменский Александр Владимирович

кандидат физ.- мат. наук,
доцент КПМ,
Кубанский государственный университет
archer812@mail.ru

Аннотация. Данная работа посвящена математическому моделированию стационарного переноса четырех сортов ионов (соли K^+ (или Na^+), Cl^- , ионов продуктов диссоциации молекул воды H^+ и OH^-) в сечении канала в допредельных токовых режимах. Проведен численный анализ и установлены основные закономерности переноса, в частности показано, что существует области равновесия и локальной электронейтральности, определены границы областей, а также в этих областях распределение концентраций практически линейны.

Ключевые слова: мембранные системы; ионообменная мембрана; математическое моделирование; 1 : 1 электролит; диссоциация/рекомбинация молекул воды; сечение канала.

Trotsenko Ekaterina Sergeevna

Assistant department of applied mathematics,
Kuban State University
trotsenkokatya@yandex.ru

Seidova Natalia Mikhailovna

Candidate Phys.-Mat. Sciences,
Associate Professor of department of applied mathematics,
Kuban State University
natalia.seidova@gmail.com

Kovalenko Anna Vladimirovna

Head of department of data analysis and artificial intelligence,
Doctor of Technical Sciences,
Kuban State University
Savanna-05@mail.ru

Gudza Vitaly Alexandrovich

Junior Researcher research part,
Kuban State University
vitaliy.gudza@gmail.com

Pismensky Alexander Vladimirovich

Candidate Phys.-Mat. Sciences,
Associate Professor of department of applied mathematics,
Kuban State University
archer812@mail.ru

Annotation. This work is devoted to mathematical modeling of the stationary transfer of four types of ions (salt K^+ (or Na^+), Cl^- , ions of the dissociation products of water molecules H^+ and OH^-) in the channel cross-section in pre-limiting current modes. A numerical analysis is carried out and the basic laws of transport are established, in particular, it is shown that there are regions of equilibrium and local electroneutrality, the boundaries of the regions are determined, as well as in these regions the distribution of concentrations is practically linear.

Keywords: membrane systems; ion exchange membrane; math modeling; 1 : 1 electrolyte; dissociation / recombination of water molecules; section of the channel.

Введение. Электромембранные системы широко используются для обессоливания сточных вод в нефтехимическом производстве. Проблема диссоциации/рекомбинации воды в мембранных системах изучается уже давно [1–4]. В данной работе изучается один из аспектов этой проблемы, связанный с влиянием реакции диссоциации/рекомбинации воды на перенос ионов. Учет этого влияния имеет большое значение для понимания процессов в электромембранных системах. Образующиеся в результате диссоциации воды ионы H^+ и OH^- приводят к усилению переноса за счет возникновения эффекта экзальтации предельного тока [1]. В работах [2–4], было проведено моделирование этих процессов в диффузионном слое. Поэтому настоящая работа, посвященная моделированию одномерного стационарного переноса четырех сортов ионов в сечении канала с учетом реакции диссоциации/рекомбинации является актуальной.

1. Математическая модель

На рисунке 1 приведено сечение канала обессоливания, где проводится моделирование ионов соли.

На вход в канал обессоливания поступает раствор бинарной соли (например, водный раствор $NaCl$ или KCl), который необходимо обессолить. Под действием электрического поля с увеличением скачка потенциала образуется область пространственного заряда

(ОПЗ) [6], где происходит диссоциация молекул воды [7], катионы соли (Na^+ или K^+) и ионы H^+ мигрируют к отрицательно заряженному электроду – катоду, анионы Cl^- и OH^- – к положительно заряженному аноду и происходит обессоливание раствора.

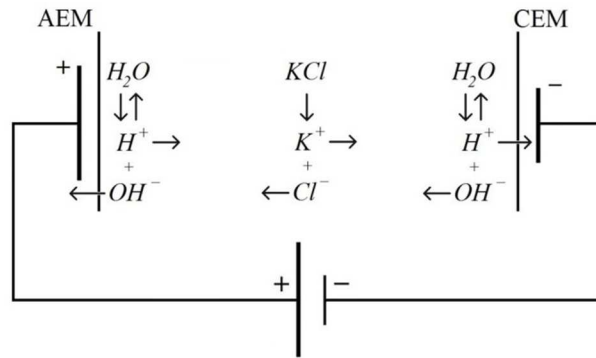


Рисунок 1 – Схема к постановке задачи переноса в сечении канала обессоливания образованного анионообменной и катионообменной мембранами, с происходящими в нем реакциями [4], где АЕМ – анионообменная и СЕМ – катионообменные мембраны

В ходе встречного движения ионов H^+ , OH^- в средней части сечения канала образуется область рекомбинации.

Математическая модель одномерного стационарного переноса бинарного электролита в сечении канала обессоливания описывается в виде систем уравнений Нернста-Планка и Пуассона (1)–(2), формул реакции диссоциации/рекомбинации молекул воды (3)–(4), а также тока переноса (5):

$$j_i = -z_i \frac{F}{RT} D_i C_i \frac{d\varphi}{dx} - D_i \frac{dC_i}{dx}, \quad i=1, \dots, 4. \quad (1)$$

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} = -\frac{F}{\varepsilon_r} (z_1 C_1 + z_2 C_2 + z_3 C_3 + z_4 C_4). \quad (2)$$

$$\frac{dj_i}{dx} = R_i, \quad i=1, \dots, 4. \quad (3)$$

$$R_1 = R_2 = 0, \quad R_3 = R_4 = k_d C_{\text{H}_2\text{O}} - k_r C_3 C_4 = k_r (k_w - C_3 C_4). \quad (4)$$

$$I_c = F \cdot \sum_{i=1}^4 z_i j_i. \quad (5)$$

$$z_1 = 1, \quad z_2 = -1, \quad z_3 = 1, \quad z_4 = -1,$$

где C_i , j_i , D_i – концентрация, поток, коэффициент диффузии i -го иона, φ и $E = -\frac{d\varphi}{dx}$ – потенциал и напряженность электрического поля, F – число Фарадея, R – универсальная газовая постоянная, T – абсолютная температура. Кроме того, $\varepsilon_r = \varepsilon_r \varepsilon_0$ – диэлектрическая проницаемость раствора, $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}$ – диэлектрическая проницаемость вакуума, ε_r – относительная безразмерная диэлектрическая проницаемость среды, $k_d = 2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{с}}$ – константа скорости диссоциации молекул воды, $C_{\text{H}_2\text{O}} = 55.6 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ – концентрация воды в растворе,

$k_r = 1.33 \cdot 10^8 \frac{m^3}{mol \cdot s}$ – константа скорости рекомбинации ионов водорода и гидроксид-иона, $k_w = \frac{k_d C_{H_2O}}{k_r} = 10^{-8} \frac{mol^2}{m^6}$ – константа равновесия, I_c – ток проводимости, обусловленный потоком ионов, z_i – зарядовые числа катионов и анионов в растворе, принимают значения +1 и -1.

Здесь (1) – уравнения Нернста-Планка для потоков ионов натрия или калия (Na^+ или K^+ $i=1$), хлора (Cl^- , $i=2$), водорода (H^+ , $i=3$) и гидроксид-иона (OH^- , $i=4$). В правой части уравнения (2) первое слагаемое описывает диффузию, а второе – миграцию ионов. (2) – уравнение Пуассона для потенциала электрического поля, а (4) – уравнения материального баланса, которые показывают изменение со временем концентраций C_i в растворе, определяемое изменением потока в пространстве и реакцией диссоциации/рекомбинации молекул воды. (4) – формулы, описывающие реакцию диссоциации/рекомбинации молекул воды, (5) – уравнение протекания тока, которое означает, что ток, протекающий через сечение канала обессоливания, определяется потоком ионов,

Рассмотрим сечение канала, где $x=0$ – соответствует условной межфазной границе «АЕМ/раствор», а $x=H$ – «раствор/СЕМ», причем будем считать, что мембраны идеально селективны, тогда поток противоионов у соответствующей мембраны равен нулю, а концентрация коионов определяется обменной ёмкостью мембран.

Скачок потенциала задается в виде $\varphi(0) = \Delta_r \varphi$, $\varphi(H) = 0$.

Таким образом, в общем случае краевые условия имеют вид:

$$\text{при } x=0: \quad \left(-\frac{F}{RT} z_1 C_1 \frac{d\varphi}{dx} - \frac{dC_1}{dx} \right) (0) = 0, \quad \left(-\frac{F}{RT} z_3 C_3 \frac{d\varphi}{dx} - \frac{dC_3}{dx} \right) (0) = 0,$$

$$C_2(0) = C_{20}, \quad \frac{dC_4}{dx}(0) = 0, \quad \varphi(0) = \Delta_r \varphi$$

$$\text{при } x=1: \quad \left(-\frac{F}{RT} z_2 C_2 \frac{d\varphi}{dx} - \frac{dC_2}{dx} \right) (H) = 0, \quad \left(-\frac{F}{RT} z_4 C_4 \frac{d\varphi}{dx} - \frac{dC_4}{dx} \right) (H) = 0,$$

$$C_1(H) = C_{10}, \quad \frac{dC_3}{dx}(H) = 0, \quad \varphi(H) = 0.$$

2. Анализ численного решения

2.1 Проанализируем зависимость решения от скачка потенциала

Для анализа зависимости решения от скачка потенциала он менялся от 0,1 В до 0,5 В с шагом 0,1 В. Ниже приведены результаты только для двух скачков потенциала $\Delta_r \varphi = 0,2В$ и $\Delta_r \varphi = 0,5В$.

Наряду с графиками концентраций ионов будем использовать следующие функции:

1. Нормированное на число Фарадея распределение плотности заряда

$$\frac{1}{F} \rho = C_1 - C_2 + C_3 - C_4.$$

2. Функцию равновесия $f_r(x) = k_w - C_3 C_4$

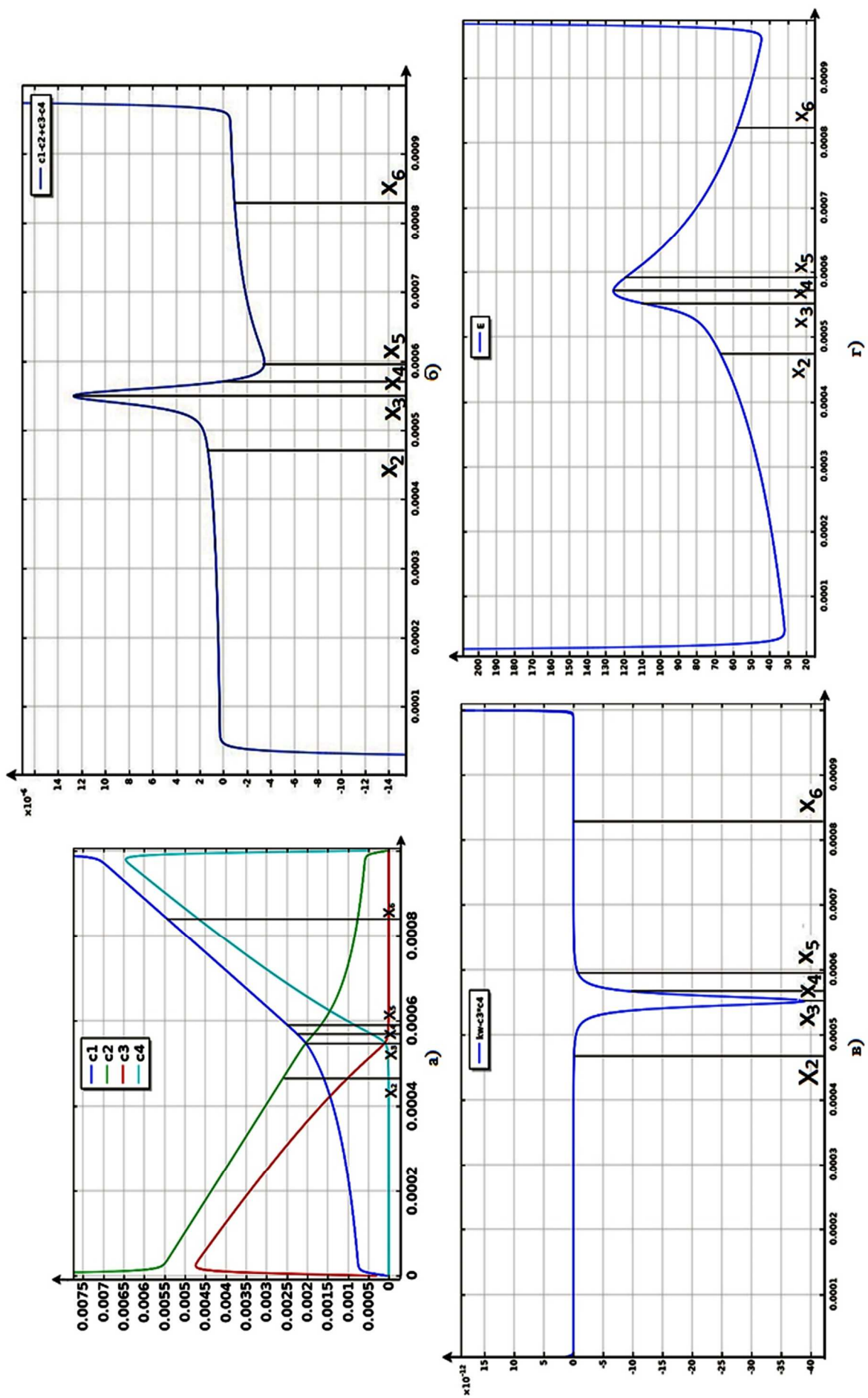


Рисунок 2 – Графики функций концентраций (а), плотность распределения заряда (б), равновесия (в), напряженность электрического поля (г) при $\Delta\varphi = 0,2 \text{ В}$

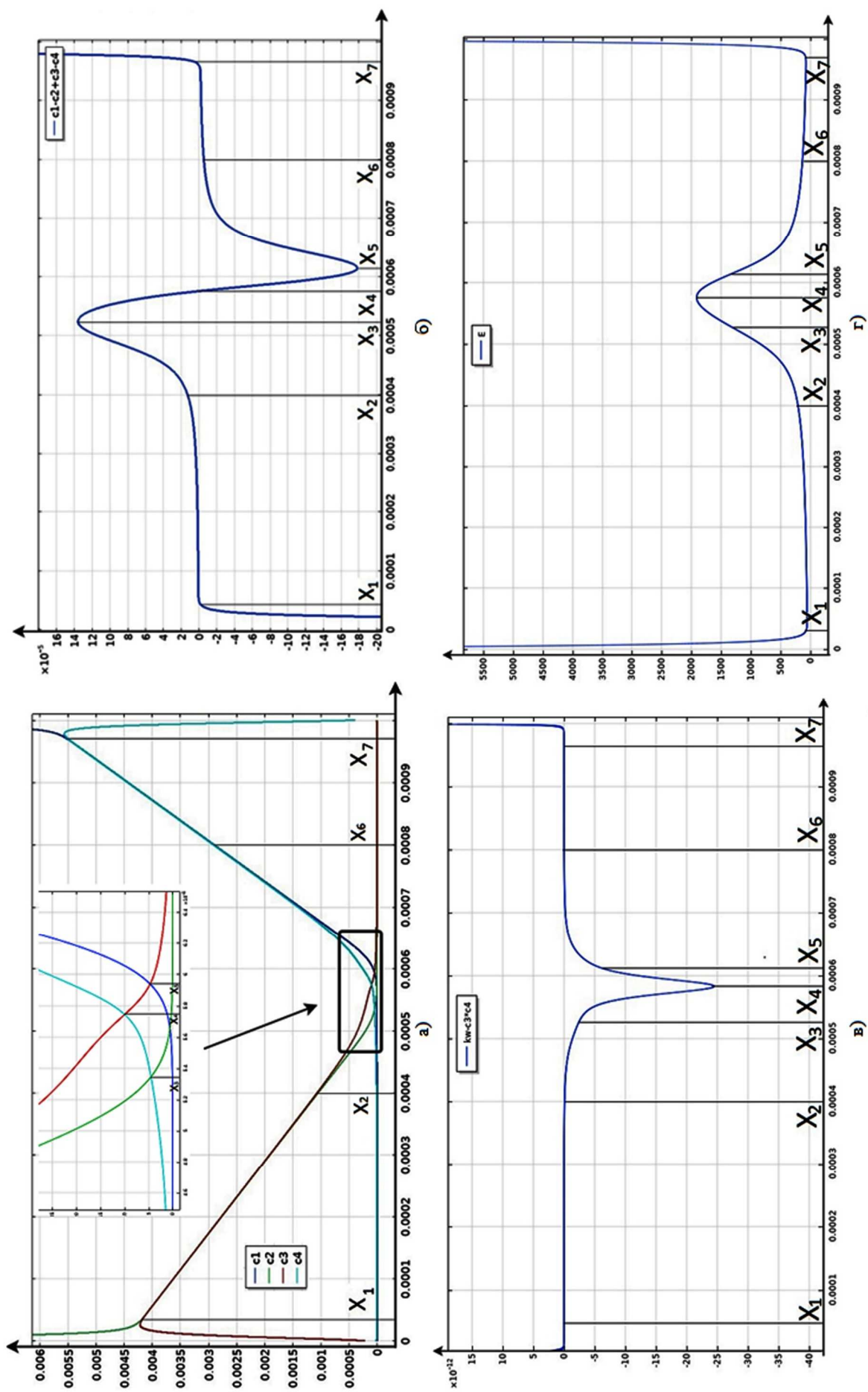


Рисунок 3 – Графики функций концентраций (а), плотность распределения заряда (б), равновесия (в), напряженности электрического поля (г) при $\Delta_1 \varphi = 0,5 \text{ В}$

Из рисунка 2 видно, что сечение канала можно разбить на ряд отрезков (областей). Точки x_1, \dots, x_7 определяют границы областей.

Как видно из рисунка 2 а) концентрация ионов H^+ всюду меньше, чем концентрация ионов Cl^- и графики этих концентраций не пересекаются. На рисунке 2 б) приведен график нормированной плотности заряда, из которого видно, что на отрезке $[0, x_1]$ возле АЕМ имеется отрицательно заряженная область пространственного заряда. Аналогичная область, но уже положительно заряженная имеется возле СЕМ, – отрезок $[x_7, H]$. Точки x_1 и x_7 можно определить как точки, где достигается локальный максимум концентрации ионов H^+ и концентрации ионов OH^- . Характерной особенностью задач с учетом реакции диссоциации/рекомбинации является наличие двойного электрического слоя $[x_2, x_6]$ в средней части сечения канала обессоливания вдали от межфазных границ. Точка x_2 определяет левую границу двойного электрического слоя, x_3 точку локального максимума, x_5 точку локального минимума, x_4 определяет границу положительно и отрицательно заряженных областей. В точке x_4 плотность распределения заряда равна нулю. Из рисунка 2 в) следует, что в примембранных областях пространственного заряда $[0, x_1]$ и $[x_7, H]$ происходит некаталитическая диссоциация молекул воды и одновременно в области внутреннего двойного электрического слоя $[x_2, x_6]$ реакция рекомбинации превалирует над диссоциацией, достигая своего максимума в точке x_4 , в которой совпадают концентрации ионов H^+ и OH^- (рис. 2 а)). Заметим, что напряженность электрического поля в точке x_3 имеет локальный максимум. Объясняется это тем, что меняются основные носители заряда ответственные за формирование электрического поля. Левее этой точки, согласно рисунку 2 а), являются ионы Cl^-, K^+, H^+ , а правее ионы K^+, OH^-, Cl^- .

Как видно из рисунка 3 основные закономерности строения областей при скачке потенциала $\Delta_r\varphi = 0,5 \text{ В}$, такие же как при скачке потенциала $\Delta_r\varphi = 0,2 \text{ В}$ (см. рис. 2), за исключением следующих особенностей:

- в точке x_1 значения концентраций ионов H^+ и Cl^- совпадают (рис. 3 а));
- в значения концентраций всех ионов во внутренней области двойного электрического слоя $[x_2, x_6]$ близки к нулю и, соответственно, локальный максимум напряженности электрического поля принимает большие значения.

Ниже в таблице 1 приведено изменение координат всех 7 точек в зависимости от скачка потенциала.

Таблица 1 – Изменение координат точек x_1, \dots, x_7 , в м, в зависимости от скачка потенциала по оси абсцисс

Значение скачка потенциала	$\Delta_r\varphi = 0,1$	$\Delta_r\varphi = 0,2$	$\Delta_r\varphi = 0,3$	$\Delta_r\varphi = 0,4$	$\Delta_r\varphi = 0,5$
Координаты точек					
x_1	–	–	0,00003	0,000035	0,00004
x_2	0,00049	0,00048	0,00047	0,00045	0,0004
x_3	0,00051	0,000545	0,00055	0,00053	0,000525
x_4	0,00059	0,000588	0,000585	0,00058	0,000575
x_5	0,000592	0,000595	0,0006	0,00061	0,00062
x_6	0,00072	0,00074	0,00075	0,00077	0,0008
x_7	–	–	0,000975	0,00097	0,00096

Как видно из таблицы 1, точки незначительно меняются при изменении скачка потенциала в 5 раз от 0,1 В до 0,5 В. Используя это, можно приближенно решить задачу аналитически. А именно концентрации ионов можно аппроксимировать линейными функциями в пределах от $[x_1, x_2]$ и $[x_6, x_7]$.

Таблица 2 – Характеристики процесса переноса

$\Delta_r \varphi$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$j_{3,\max}$	$6,5 \cdot 10^{-8}$	$12,5 \cdot 10^{-8}$	$15 \cdot 10^{-8}$	$16 \cdot 10^{-8}$	$16 \cdot 10^{-8}$
$j_{4,\min}$	$6,5 \cdot 10^{-8}$	$12,5 \cdot 10^{-8}$	$15 \cdot 10^{-8}$	$16 \cdot 10^{-8}$	$16 \cdot 10^{-8}$
$\arg \max \rho(x)$	0,00051	0,000545	0,00055	0,00053	0,000525
$\arg \min f_r(x)$	0,00059	0,000588	0,000585	0,00058	0,000575

Из таблицы 2 следует, что точка локального максимума и минимума плотности зарядов практически не меняется. Так же, как и середина области рекомбинации.

Заключение

В статье предложена новая математическая модель стационарного переноса 1 : 1 электролита в сечении канала обессоливания с учетом некаталитической реакции диссоциации/рекомбинации молекул воды в виде краевой задачи для системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Проведен анализ численного решения этой краевой задачи и определены основные закономерности переноса ионов соли.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 20-58-12018 ННИО_а «Исследование влияния электроконвекции, диссоциации воды и геометрии спейсеров на электродиализное обессоливание в интенсивных токовых режимах».

Литература:

1. Сокирко А.В., Харкаца Ю.И. К теории эффекта экзальтации миграционного тока в кислых средах // Электрохимия. – 1989. – № XXV (2). – С. 232–239.
2. Влияние гетеролитической диссоциации воды на массоперенос ионов соли в электро-мембранной системе при нарушении электронейтральности в области диффузионного слоя / В.И. Заболоцкий [и др.] // Электрохимия. – 2002. – Т. 38. – № 8.
3. Коваленко А.В., Уртенев М.Х. Краевые задачи для системы электродиффузионных уравнений. Часть 1. – LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, Germany, Saarbrücken, 2011. – 281 с.
4. Theoretical Analysis of the Stationary Transport of 1 : 1 Salt Ions in a Cross-Section of a Desalination Channel / М.Х. Уртенев [и др.] // Membranes. – 2020. – V. 10. – P. 342.
5. Чубырь Н.О., Коваленко А.В., Уртенев М.Х. Двумерные математические модели переноса бинарного электролита в мембранных системах (численный и асимптотический анализ) / Министерство образования и науки Российской Федерации, Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2012.
6. Математическое моделирование переноса ионов и диссоциации воды у границы ионообменная мембрана/раствор в интенсивных токовых режимах / М.Х. Уртенев [и др.] // Мембраны и мембранные технологии. – 2018. – Т. 8. – № 1. – С. 24–33.
7. Model and experimental studies of gravitational convection in an electromembrane cell / A.V. Pismensky [et al.] // Russian Journal of Electrochemistry. – 2012. – № 48. – № 7. – С. 756–766.

Literature:

1. Sokirko A.V., Harkatsa Y.I. To the theory of migration current exaltation effect in acidic media // Electrochemistry. – 1989. – № XXV (2). – P. 232–239.
2. Effect of heterolytic dissociation of water on mass transfer of salt ions in an electro-membrane system with violation of electrical neutrality in the diffusion layer region / V.I. Zabolotsky [et al.] / Electrochemistry. – 2002. – V. 38. – № 8.

3. Kovalenko A.V., Urtenov M.Kh. Marginal problems for the system of the electrodiffusion equations. Part 1. – LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, Germany, Saarbrücken, 2011. – 281 p.
4. Theoretical Analysis of the Stationary Transport of 1 : 1 Salt Ions in a Cross-Section of a Desalination Channel / M.Kh. Urtenov [et al.] // Membranes. – 2020. – V. 10. – P. 342.
5. Chubyr N.O., Kovalenko A.V., Urtenov M.Kh. Two-dimensional mathematical models of binary electrolyte transfer in membrane systems (numerical and asymptotic analysis) / Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Kuban State Technological University. – Krasnodar, 2012.
6. Mathematical modeling of ion transfer and water dissociation at the ion-exchange membrane/solution interface in intensive current regimes / M.Kh. Urtenov [et al.] // Membranes and Membrane Technologies. – 2018. – V. 8. – № 1. – P. 24–33.
7. Model and experimental studies of gravitational convection in an electromembrane cell / A.V. Pismensky [et al.] // Russian Journal of Electrochemistry. – 2012. – № 48. – № 7. – P. 756–766.

ВЫБОР МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

SELECTION OF METHODS OF NON-DESTRUCTIVE TESTING AND TECHNICAL DIAGNOSTICS

Ханюченко Никита Демьянович

ассистент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
n.d.khanyuchenko@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен выбор методов неразрушающего контроля и технической диагностики, представлена чувствительность различных методов, описаны условия реализации методов.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, техническая диагностика, дефект, выявляемость, физические характеристики, калибровка.

Khanyuchenko Nikita Demyanovich

Assistant of the Department of equipment for oil and gas fields,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban state technological University
n.d.khanyuchenko@mail.ru

Annotation. The choice of methods of non-destructive testing and technical diagnostics is considered, the sensitivity of various methods is presented, the conditions for the implementation of the methods are described.

Keywords: non-destructive testing, technical diagnostics, defect, detectability, physical characteristics, calibration.

В ыбор метода НК и ТД должен быть основан помимо физических характеристик дефектов, на таких факторах, как:

- условия работы изделия;
- форма и размеры изделия;
- физические свойства материала деталей изделия;
- условия контроля и наличие подходов к проверяемому объекту;
- технические условия на изделия, содержащие количественные критерии недопустимости дефектов и зачастую нормирующие применение методов контроля на конкретном изделии;
- чувствительность методов.

Достоверность результатов определяется чувствительностью методов НК, выявляемостью и повторяемостью результатов и основана на тщательной калибровке.

Чувствительность метода контроля является важной его характеристикой. В таблице 1 приведена чувствительность для различных методов определения несплошностей в материале изделий.

На вероятность выявления дефектов влияют чувствительность метода, а также условия проведения процедуры контроля. Определение вероятности выявления дефектов является достаточно сложной задачей, которая еще более усложняется, если для

повышения достоверности определения дефектов приходится комбинировать методы контроля. Комбинирование методов подразумевает не только использование нескольких методов, но и чередование их в определенной последовательности (технологии). Вместе с тем, стоимость применения метода контроля или их совокупности должна быть по возможности ниже. Таким образом, выбор стратегии применения методов контроля основывается на стремлении, с одной стороны, повысить вероятность выявления дефектов и, с другой стороны, снизить различные технико-экономические затраты на проведение контроля.

Таблица 1 – Чувствительность различных методов НК и ТД

Метод	Минимальные размеры выявляемых несплошностей, мкм		
	Ширина раскрытия	Глубина	Протяженность
Визуально-оптический	5...100	10...30	100
Цветной	1...2	10...30	100...300
Люминесцентный	1...2	10...50	100...300
Магнитопорошковый	1	150...200	30
Вихретоковый	0,5...1	–	600...2000
Ультразвуковой	1...30	2...3 % толщины	–
Радиографический	100	изделия	–

Однако, несмотря на значительные успехи в развитии методов НК и ТД и применяемые меры по контролю ТС различных систем, отдельные дефекты остаются не выявленными и становятся причинами и результатами аварийных ситуаций и больших катастроф.

При НК и ТД в зависимости от характера взаимодействия физических полей с контролируемым объектом, условий контроля и размеров дефект может быть выявлен или не выявлен. Минимальное значение характеристического (определяющего) размера дефекта изделия, фиксируемого при контроле с вероятностью более 0,99, определяет предельную чувствительность вида НК.

В затраты на проведение НК и ТД должны быть включены: стоимость (амортизация) технических средств, привлекаемых для контроля, оплата специалистов в период проведения контроля и обработки результатов.

Основным техническим эффектом от применения НК и ТД считается повышение надежности технологического оборудования производства и увеличения сроков его межремонтного пробега.

Экологические катастрофы техногенного происхождения относятся к самым опасным и убыточным, поэтому любое повышение надежности химических и взрывопожароопасных производств является желательным.

Выявление методами НК развивающихся дефектов способствует безопасной эксплуатации технологического оборудования.

Объективный анализ применения различных методов привел к целесообразности применения комплексных систем контроля, которые используют разные по физической природе методы исследования, что, в свою очередь, позволит исключить недостатки одного метода, взаимодополнить методы и реализовать тем самым принцип «избыточности» для повышения надежности контроля систем и агрегатов.

Комплексное использование наиболее чувствительных методов не означает, что показатели достоверности будут соответственно наибольшими, а в свою очередь, учет первоочередности технических показателей может привести к противоречиям с экономическими критериями, такими как трудозатраты, стоимость, время контроля и т.д., что, в свою очередь, может привести к тому, что выбранный комплекс методов НК может оказаться с экономической точки зрения неэффективным.

Для реализации различных методов НК и ТД разработаны различные приборы: дефектоскопы, толщиномеры, тепловизоры для разных дефектов (трещин, негерметич-

ностей), электронное оборудование (для нахождения ослабления электрических контактов), механическое оборудование, которое имеет различные технико-экономические характеристики и технологии использования для различных типов дефектов и др.

Из анализа имеющихся характеристик вытекает необходимость решения задачи выбора состава (комплекса) методов НК и ТД как задачи в оптимизационной постановке.

Комплексное применение методов НК и ТД для диагностики и обнаружения дефектов в агрегатах и системах направлено на обеспечение увеличения эффективности и достоверности контроля, продления работоспособности и ресурса.

Актуальными при проведении НК и ТД являются также задачи оптимального распределения объемов контроля на всех этапах жизненного цикла объекта, оптимизации мест и параметров контроля, планирования технического обслуживания системы с учетом экономических показателей.

При проведении мониторинга технического состояния (ТС) сложных систем и агрегатов одной из наиболее актуальных является задача объективного своевременного обнаружения дефектов различной природы и организация контроля за развитием дефектов из-за старения элементов при эксплуатации.

Литература:

1. Возможности расширения системы газоснабжения удалённых населённых пунктов регионов России с помощью автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 6. – С. 225–228.

2. Математическая модель энергического критерия хрупкого разрушения / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 29–32.

3. Решение проблем газификации регионов России путем создания автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады. – Екатеринбург, 2020. – С. 182–185.

4. Об одной математической модели в задаче гидроразрыва нефтеносного пласта / В.И. Дунаев [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 10 (334). – С. 39–41.

5. Исследование математической модели энергического критерия разрушения хрупких материалов / В.И. Дунаев [и др.] // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2019. – Т. 16. – № 1. – С. 21–25.

6. Классификация современных методов неразрушающего контроля. Возможность применения для диагностики оборудования нефтегазовой отрасли / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 138–142.

7. Совершенствование технологии борьбы с гидратообразованием / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 181–183.

8. Мозговой Д.Н., Ханюченко Н.Д. Проведение основных диагностических испытаний перед ГРП // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 255–257.

9. Образование отложений в проточной части нагнетателя после извлечения газа из подземного хранилища газа / М.С. Степанов [и др.] // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2018. – № 2 (112). – С. 61–66.

10. Анализ способов контроля утечек из трубопроводов / А.В. Поляков [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 167–171.

Literature:

1. Possibilities of expanding the gas supply system of remote settlements of Russian regions with the help of autonomous gas supply systems / S.I. Shiyan [et al.] // Bulatov readings. – 2020. – V. 6. – P. 225–228.

2. Mathematical model of energetic criterion of brittle failure / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of International Scientific-Practical Conference devoted to the 75-th anniversary of the Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 29–32.

3. The solution of the problems of gasification of Russian regions through the creation of autonomous gas supply systems / S.I. Shiyan [et al.] // Technological equipment for mining and oil and gas industry. Proceedings of the XVIII International Scientific and Technical Conference «Readings in memory of V.R. Kubachek», held within the framework of the Ural Mining and Industrial Decade. – Yekaterinburg, 2020. – P. 182–185.

4. About one mathematical model in the task of oil-bearing formation hydraulic fracturing / V.I. Dunayev [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 10 (334). – P. 39–41.

5. Study of the mathematical model of the energy criterion for fracture of brittle materials / V.I. Dunayev [et al.] // Environmental Bulletin of Scientific Centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2019. – V. 16. – № 1. – P. 21–25.

6. Classification of modern methods of non-destructive testing. Possibility of application for diagnostics of the oil and gas industry equipment / A.V. Polyakov [et al.] // Nauka. New generation. Success: materials of International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 138–142.

7. Improvement of technology to combat hydrate formation / A.V. Polyakov [etc.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in the Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 181–183.

8. Mozgovoy D.N., Khanuchenko N.D. Carrying out basic diagnostic tests before hydraulic fracturing // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vols. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – V. 1. – P. 255–257.

9. Formation of deposits in the flowing part of the supercharger after gas extraction from underground gas storage / M.S. Stepanov [et al.] // Problems of collection, preparation and transport of oil and oil products. – 2018. – № 2 (112). – P. 61–66.

10. Analysis of ways to control leakage from pipelines / A.V. Polyakov [et al.] // REFERATOTECH : Materials of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 167–171.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

METHODS FOR THE CONTROL OF FERROMAGNETIC MATERIALS

Ханюченко Никита Демьянович

ассистент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
n.d.khanyuchenko@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены способы выявления дефектов под действием электромагнитного поля, приведены основные условия проведения диагностических операций данными методами.

Ключевые слова: ферромагнитные материалы, протяженные дефекты, магнитное поле, магнитопорошковый метод контроля, дефектоскопия.

Khanyuchenko Nikita Demyanovich

Assistant of the Department of equipment for oil and gas fields,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban state technological University
n.d.khanyuchenko@mail.ru

Annotation. Methods of detecting defects under the influence of an electromagnetic field are considered, the main conditions for carrying out diagnostic operations by these methods are given.

Keywords: ferromagnetic materials, extended defects, magnetic field, magnetic particle inspection method, flaw detection.

Одним из самых распространенных методов неразрушающего контроля (НК) стальных деталей является магнитопорошковый (МП). Он нашел широкое применение в авиации, железнодорожном транспорте, химическом машиностроении, судостроении, автомобильной и во многих других отраслях промышленности. Большие объемы применения МП метода объясняется его высокой чувствительностью к протяженным дефектам, наглядностью результатов. Этим методом обнаруживаются усталостные трещины в начальной стадии их появления. Так, выявляются поверхностные микротрещины шириной раскрытия от 0,001 мм и более, глубиной 0,01...0,03 мм и более.

Для всех электромагнитных методов характерно наличие полезадающей системы, магнитного поля дефекта и устройства его обнаружения. Для электромагнитных средств контроля качества металлических изделий используется широкий спектр частот, начиная от постоянного магнитного поля до переменных полей с частотами десятков мегагерц.

Методы электромагнитного контроля, которые основаны на оценке изменения реакции вихревых токов, создаваемых на поверхности изделия, называются вихретоковыми.

Методы контроля ферромагнитных материалов, основанные на намагничивании исследуемого изделия, называются магнитными. По способу регистрации магнитных полей рассеяния, возникающих в зоне расположения дефектов, магнитные методы подразделяются на магнитопорошковый, магнитографический, феррозондовый, индукционный, магнитоакустический, магнитополупроводниковый, магнитоэлектрический и т.д. Каждый из магнитных методов имеет свои разновидности.

Происхождение магнитного поля рассеяния дефекта становится наглядным, если воспользоваться методом суперпозиции. На рисунке 1 показано, как намагничиваемая деталь с дефектом может быть представлена в виде равномерно намагниченной среды и элемента с геометрией дефекта. Если деталь не насыщена, то поле дефекта увеличивает индукцию в металле, а на поверхности изделия дополнительное поле практически не возникает. При достаточно высоком намагничивании детали поле рассеяния дефекта обнаруживается на поверхности детали. Из преобразований, выполненных на рисунке 1, следует, что поле рассеяния дефекта на поверхности детали должно иметь одинаковую полярность с основным намагничивающим полем, а внутри дефекта – встречный магнитный поток. Распределение его зависит от геометрии дефекта, близости поверхности и степени насыщения поверхности детали.

Для сварных соединений обнаружение полей рассеяния дефектов осложняется наличием валика усиления, в зоне которого увеличено сечение, имеются резкие изменения геометрических форм. Неблагоприятна и чешуйчатость шва.

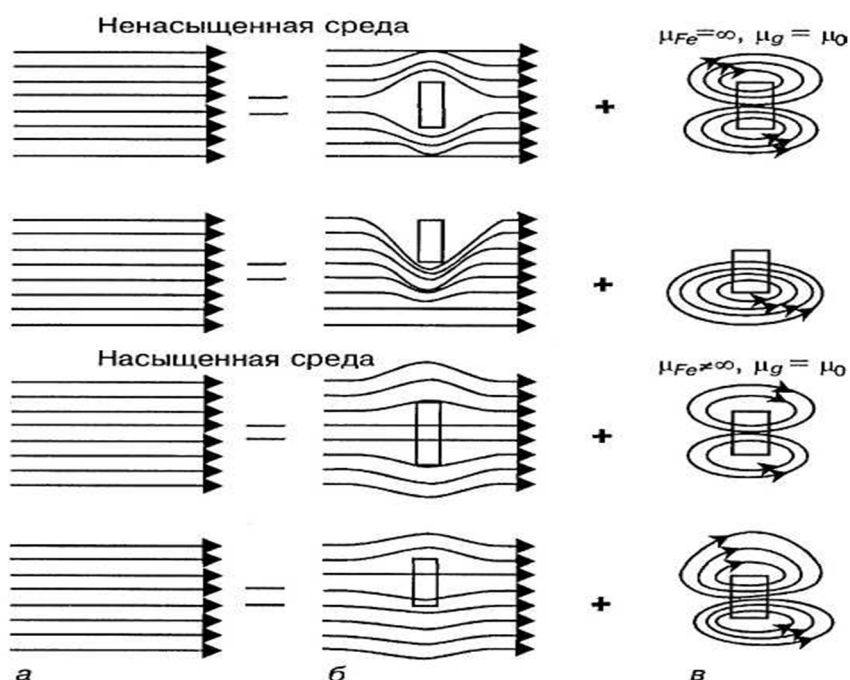


Рисунок 1 – Внутренний и наружный дефекты в ненасыщенной и насыщенной средах, как инородное тело с собственным размагничивающим полем

В общем случае размагничивающий фактор сложно зависит от формы тела и направления его намагничивания. Это касается как изучаемой детали, так и частиц порошка. При равной магнитной восприимчивости только за счет формы можно значительно изменить напряженность внутри ферромагнитной частицы, увеличить восприимчивость к внешнему полю. Эти явления подробно рассмотрены в теории магнитодиэлектриков, которые являются фактически (утвержденными магнитопорошковыми суспензиями).

Применительно к намагничиваемому изделию в целом можно утверждать, что чем меньше длина детали, тем от носительно больше величины Nl . Для получения равной величины внутреннего поля H для короткой детали требуется относительно большее внешнее магнитное поле, рекомендуется использовать график, представленный на рисунке 2.

Из этого графика следует, что чем меньше отношение длины детали l к ее диаметру d , тем большая требуется величина тока в индукторе для получения той же вели-

ны напряженности магнитного поля. Эти и подобные «удивительные» явления объяснимы, если рассмотреть более подробно процессы намагничивания ферромагнетиков.

В зависимости от вида тока, метода создания магнитного поля намагничивание может быть постоянным, остаточным, импульсным, индукционным и комбинированным. Различают также циркулярное и полюсное. Выбор способа намагничивания определяется реальными возможностями применения метода и требованиями к уровню выявляемости дефектов. Определенные представления о многообразии способов намагничивания дает рисунок 3. При каждом способе намагничивания процесс обнаружения дефекта протекает в приложенном или остаточном поле. Не всегда более эффективным является контроль в приложенном магнитном поле, следует помнить о послойности процессов намагничивания, о скачкообразности изменения магнитного состояния, что будет рассмотрено далее.

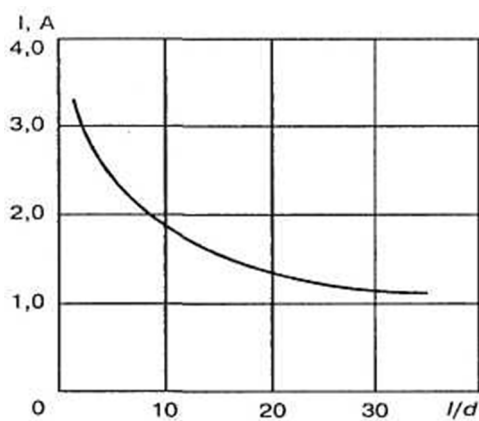


Рисунок 2 – Зависимость намагничивающего тока в приставном соленоиде $\varnothing 210$ мм от отношения протяженности l и диаметра d деталей

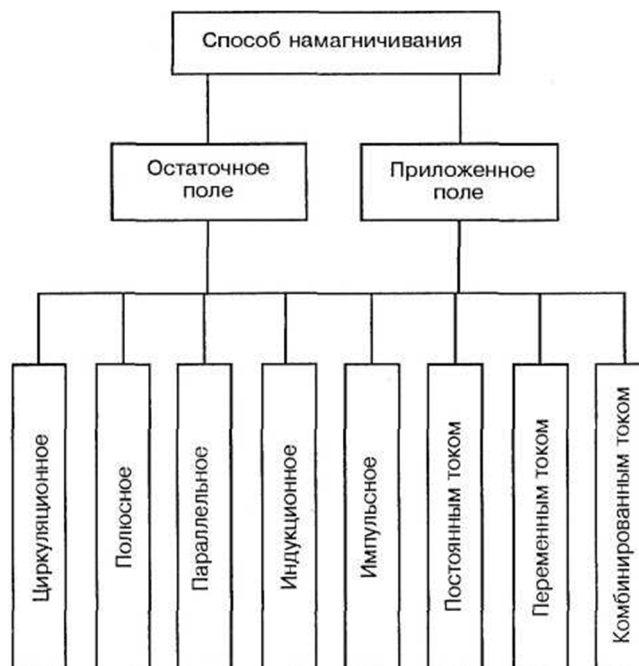


Рисунок 3 – Условная классификация способов намагничивания

На поверхности детали может быть достаточно сильное поле в зоне повышенного предыдущего нагружения, т.е. деталь, ранее напряженно работавшая и специально не намагниченная, может иметь поле на поверхности, подобное полю рассеяния дефекта.

В случае переменного электрического тока при циркуляционном способе хорошо намагничиваются внешние слои детали. Если деталь имеет сложное переменное сечение, то внешнее намагничивание, аналогичное рассмотренным двум вариантам, будет сопровождаться образованием полюсов.

Полюса образуются и при смещении с оси намагничивающего провода. Это явление нежелательно. Таким образом, известная классификация способов намагничивания условна (рис. 3).

Намагничиваемая деталь рассматривается как разветвленная магнитная цепь и эффективность намагничивания в интересующем нас месте зависит от геометрии детали в целом.

Исключительно интересные возможности имеют магнитные методы оценки степени изношенности ферромагнитных материалов и на основании этого оценка прогнозирования остаточного ресурса металлоконструкции.

Магнитные способы контроля используются на ферромагнитных материалах, достаточно просты в использовании, информативны и позволяют проводить контроль в различных эксплуатационных условиях оборудования.

Литература:

1. Возможности расширения системы газоснабжения удалённых населённых пунктов регионов России с помощью автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 6. – С. 225–228.

2. Математическая модель энергического критерия хрупкого разрушения / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 29–32.

3. Решение проблем газификации регионов России путем создания автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады. – Екатеринбург, 2020. – С. 182–185.

4. Исследование математической модели энергического критерия разрушения хрупких материалов / В.И. Дунаев [и др.] // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2019. – Т. 16. – № 1. – С. 21–25.

5. Классификация современных методов неразрушающего контроля. Возможность применения для диагностики оборудования нефтегазовой отрасли / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 138–142.

6. Совершенствование технологии борьбы с гидратообразованием / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 181–183.

7. Мозговой Д.Н., Ханюченко Н.Д. Проведение основных диагностических испытаний перед ГРП // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 255–257.

8. Анализ способов контроля утечек из трубопроводов / А.В. Поляков [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 167–171.

Literature:

1. Possibilities of expanding the gas supply system of remote settlements of Russian regions with the help of autonomous gas supply systems / S.I. Shiyan [et al.] // Bulatov readings. – 2020. – V. 6. – P. 225–228.

2. Mathematical model of energetic criterion of brittle failure / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of International Scientific-Practical Conference devoted to the 75-th anniversary of the Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 29–32.

3. The solution of the problems of gasification of Russian regions through the creation of autonomous gas supply systems / S.I. Shiyan [etc.] // Technological equipment for mining and oil and gas industry. Proceedings of the XVIII International Scientific and Technical Conference «Readings in memory of V.R. Kubachek», held within the framework of the Ural Mining and Industrial Decade. – Ekaterinburg, 2020. – P. 182–185.

4. The study of the mathematical model of the energy criterion for fracture of brittle materials / V.I. Dunayev [et al.] // Environmental Bulletin of Scientific Centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2019. – V. 16. – № 1. – P. 21–25.

5. Classification of modern methods of non-destructive testing. Possibility of application for diagnostics of the oil and gas industry equipment / A.V. Polyakov [et al.] // Nauka. New generation. Success: materials of International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 138–142.

6. Improvement of technology to combat hydrate formation / A.V. Polyakov [etc.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in the Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 181–183.

7. Mozgovoy D.N., Khanuchenko N.D. Carrying out basic diagnostic tests before hydraulic fracturing // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vols. – Krasnodar : Publishing House-South, 2020. – V. 1. – P. 255–257.

8. Analysis of methods of leakage control from pipelines / A.V. Polyakov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 167–171.

СВАРКА НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ НЕЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

WELDING OF LOW CARBON UNALLOYED STEELS

Ханюченко Никита Демьянович

ассистент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
n.d.khanyuchenko@mail.ru

Аннотация. Рассмотрена сварка низкоуглеродистых нелегированных сталей, отражены особенности процесса формирования сварного шва и способов снижения влияния термических напряжений.

Ключевые слова: сварка, низкоуглеродистые стали, зона термического влияния, структура металла, степень легирования.

Khanyuchenko Nikita Demyanovich

Assistant of the Department of equipment for oil and gas fields,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban state technological University
n.d.khanyuchenko@mail.ru

Annotation. Welding of low-carbon unalloyed steels is considered, features of the process of formation of a weld and ways to reduce the effect of thermal stresses are reflected.

Keywords: welding, low-carbon steels, heat-affected zone, metal structure, alloying degree.

Низкоуглеродистые нелегированные и, особенно, низколегированные конструкционные стали составляют наиболее широко применяемый для сварных конструкций класс сталей. Низкое (до 0,25 %) содержание углерода не оказывает заметного влияния на ухудшение свариваемости. Значительно большее воздействие на этот показатель оказывает система легирования сталей.

При сварке низкоуглеродистых нелегированных сталей (сталь 5, сталь 10, сталь 15, сталь 20) основным упрочняющим элементом металла шва является углерод. В большинстве случаев в металле шва и зоне термического влияния (ЗТВ) при сварке формируется феррито-перлитная структура, наиболее мелкодисперсная для способов сварки с малым тепловложением.

Наиболее опасным участком ЗТВ является участок перегрева. Даже в условиях кратковременного пребывания металла при высоких температурах имеет место значительный рост зерна аустенита. При медленном охлаждении образуется зернистый перлит, а выделения феррита могут происходить с образованием структуры типа видманштетт. Повышение скорости охлаждения способствует формированию пластинчатого перлита и выделению феррита разной дисперсности в виде сетки по границам зерен и внутри них.

Для сварки низкоуглеродистых сталей используют все широко применяемые технологии сварочных процессов. При этом в большинстве случаев обеспечиваются высокие прочностные и пластические характеристики сварных соединений, отсутствие склонности к образованию холодных и горячих трещин. Следует отметить, что с увеличением погонной энергии сварочного процесса наблюдается снижение ударной вязкости металла шва и ЗТВ, особенно при отрицательных температурах.

Низкоуглеродистые низколегированные стали с исходной феррито-перлитной структурой, легированные кремнием и марганцем, показывают наименьшую отрицательную реакцию на термический цикл сварки (09ГС, 09Г2С, 10Г2С, 16ГС, 17ГС). Высокая критическая скорость охлаждения (100–150 °С/с), характерная для сталей с такой системой легирования, не вызывает появления в металле сварного шва и ЗТВ в значительном количестве закалочных структур, а следовательно, и склонности к образованию холодных трещин. Это определяет использование широкого диапазона режимов сварки, отсутствие жестких ограничений в скоростях охлаждения сварного соединения, упрощает технологию сварки за счет отсутствия предварительного, сопутствующего или последующего подогрева.

Структура ЗТВ представляет собой сочетание различных видов феррито-перлитной смеси от крупнозернистой на околошовном участке до мелкозернистой и высокодисперсной на участке перекристаллизации. Наиболее опасным участком ЗТВ при сварке этих сталей является участок перегрева, где наблюдается рост зерна аустенита и формирование неблагоприятной структуры в виде крупных выделений полигонального феррита, а при больших погонных энергиях сварки – структуры видманштетта.

Снижение сопротивления хрупкому разрушению сталей может быть частично, а в ряде случаев полностью восстановлено за счет регулирования параметров термического цикла сварки и, в частности, повышения скорости охлаждения до значений, обеспечивающих преимущественное превращение аустенита в бейнитной области.

Применение сталей с исходной феррито-бейнитной структурой, легированных хромом, никелем и марганцем свыше 1,0 % приводит к опасности появления закалочных структур и повышения хрупкости. При этом влияние хрома тесно связано с содержанием углерода. При низком содержании углерода до 0,1 % безопасной считается концентрация хрома в пределах 5 %. Рост количества углерода снижает этот предел. Предельное содержание никеля в низкоуглеродистых сталях для сохранения хорошей свариваемости не должно превышать 1,0–1,5 % (15ХСНД, 18Х2Н4МА, 20ХНЗА, 20ХНМ).

Закалочные структуры могут формироваться как в зоне сварного шва, так и в ЗТВ, в тех ее участках, максимальная температура нагрева которых превысила критическую температуру этих сталей, а скорость охлаждения в интервале температур распада аустенита близка критической скорости закалки. Однако, чрезмерное снижение скорости охлаждения сварных соединений, приводит к росту зерна на участке перегрева и развитию химической неоднородности на участке сплавления.

Выбор режимов и технологии сварки феррито-бейнитных сталей, требует ограничения по скоростям охлаждения для предотвращения появления закалочных структур в ЗТВ сварного шва.

Появление в химическом составе сталей с феррито-бейнитной структурой сильных карбидообразующих элементов несколько изменяет их реакцию на термический цикл сварки. С увеличением содержания углерода свыше 0,15 % плохое влияние на свариваемость начинают оказывать элементы, дающие в сталях устойчивые карбиды. Так, молибден и вольфрам вводят в низкоуглеродистую сталь в количествах до 0,5 %, а ванадий и ниобий ухудшают свариваемость при содержании более 0,2 % (15ГФ, 14Г2АФД, 16Г2АФ, 14Х2ГМР). Растворение специальной карбидной фазы при сварочном нагреве начинается в тех участках ЗТВ, максимальная температура нагрева которых превысила 1100 °С. Менее стойкими к растворению являются карбиды молибдена и вольфрама. Карбиды ванадия и, особенно, ниобия начинают растворяться при более высоких температурах. Переход легирующих элементов из карбида в твердый раствор повышает степень его легированности. Последующее быстрое охлаждение зоны сварного шва и тех участков ЗТВ, в которых произошло полное или частичное растворение карбидной фазы не создает условий для ее повторного выделения. Относительно невысокая степень легированности этих сталей существенно ограничивает скорость повторного образования карбидных фаз.

В таблице 1 указаны рекомендуемые режимы подогрева перед сваркой сталей различной степени легирования.

Таблица 1 – Подогрев сталей перед сваркой

Сталь	Рекомендуемый режим подогрева, °С
Низкоуглеродистая (до 0,22 % С)	120–150 (на многослойных швах, при сварке толщин более 40 мм)
Среднеуглеродистая (0,23 – 0,45 % С)	150–300
Высокоуглеродистая	300–450
Низколегированная	200–250
Легированная конструкционная	До 400
Жаропрочная аустенитная	Без подогрева
Коррозионно-стойкая неаустенитного класса	До 400

С целью уменьшения веса сварных конструкций и повышения механических свойств значительная часть низколегированных сталей используется в термоупрочненном состоянии после закалки и отпуска, что позволяет формировать исходную бейнито-мартенситную структуру. Основной проблемой сварки таких сталей наряду с рассмотренными выше (в участках сплавления и перегрева) является опасность разупрочнения ЗТВ и как следствие этого значительное снижение конструктивной прочности.

Основным направлением в обеспечении требуемого уровня свойств сварного соединения в этом случае является использование технологий, обеспечивающих регулирование термического цикла сварки. Особое внимание при этом уделяется скорости охлаждения, которая должна обеспечить при сварке структурно-фазовый состав этого участка близким к основному металлу после термоупрочнения. Обеспечение требуемой скорости охлаждения возможно, или за счет снижения энергоёмкости режимов процесса, или за счет повышения скорости охлаждения путем внешнего регулирования термического цикла, например за счет сопутствующего охлаждения при сварке.

Литература:

1. Возможности расширения системы газоснабжения удалённых населённых пунктов регионов России с помощью автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 6. – С. 225–228.
2. Математическая модель энергического критерия хрупкого разрушения / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 29–32.
3. Решение проблем газификации регионов России путем создания автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады. – Екатеринбург, 2020. – С. 182–185.
4. Исследование математической модели энергического критерия разрушения хрупких материалов / В.И. Дунаев [и др.] // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2019. – Т. 16. – № 1. – С. 21–25.
5. Классификация современных методов неразрушающего контроля. Возможность применения для диагностики оборудования нефтегазовой отрасли / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 138–142.

6. Совершенствование технологии борьбы с гидратообразованием / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 181–183.

7. Мозговой Д.Н., Ханюченко Н.Д. Проведение основных диагностических испытаний перед ГРП // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 255–257.

Literature:

1. Possibilities of expanding the gas supply system of remote settlements of Russian regions with the help of autonomous gas supply systems / S.I. Shiyan [et al.] // Bulatov readings. – 2020. – V. 6. – P. 225–228.

2. Mathematical model of energetic criterion of brittle failure / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of International Scientific-Practical Conference devoted to the 75-th anniversary of the Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 29–32.

3. The solution of the problems of gasification of Russian regions through the creation of autonomous gas supply systems / S.I. Shiyan [etc.] // Technological equipment for mining and oil and gas industry. Proceedings of the XVIII International Scientific and Technical Conference «Readings in memory of V.R. Kubachek», held within the framework of the Ural Mining and Industrial Decade. – Ekaterinburg, 2020. – P. 182–185.

4. The study of the mathematical model of the energy criterion for fracture of brittle materials / V.I. Dunayev [et al.] // Environmental Bulletin of Scientific Centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2019. – V. 16. – № 1. – P. 21–25.

5. Classification of modern methods of non-destructive testing. Possibility of application for diagnostics of the oil and gas industry equipment / A.V. Polyakov [et al.] // Nauka. New generation. Success: materials of International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 138–142.

6. Improvement of technology to combat hydrate formation / A.V. Polyakov [etc.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in the Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 181–183.

7. Mozgovoy D.N., Khanuchenko N.D. Carrying out basic diagnostic tests before hydraulic fracturing // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vols. – Krasnodar : Publishing House-South, 2020. – V. 1. – P. 255–257.

РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РЕМОНТНО-ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ И УСТРАНЕНИЯ НЕГЕРМЕТИЧНОСТИ ИННОВАЦИОННЫМИ СПОСОБАМИ

DEVELOPMENT OF MATERIALS FOR REPAIR AND INSULATION WORKS AND ELIMINATION OF LEAKS IN INNOVATIVE WAYS

Ханюченко Никита Демьянович

ассистент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
n.d.khanyuchenko@mail.ru

Качурина Мария Андреевна

студент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
mari_kachurina@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается актуальный способ разработки материалов для ремонтно-изоляционных работ в современной нефтегазовой промышленности, а также рассмотрены инновационные способы устранения негерметичности.

Ключевые слова: обводнение, герметичность, изоляционные материалы.

Khanyuchenko Nikita Demyanovich

Assistant of the Department of equipment for oil and gas fields,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban state technological University
n.d.khanyuchenko@mail.ru

Kachurina Mariya Andreevna

Student of the Department of equipment for oil and gas fields,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban State Technological University
mari_kachurina@mail.ru

Annotation. This article examines the current methods of developing materials for repair and insulation works in the modern oil and gas industry, and also discusses innovative ways to eliminate leaks.

Keywords: watering, tightness, insulating materials.

Необходимость разработки новых материалов для РИР на газовых скважинах обусловлена двумя главными причинами. Во-первых, изменились горно-геологические, термобарические, физико-механические и физико-химические условия добычи газа и нефти на многих газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождениях Российской Федерации, т.к. они находятся на завершающем этапе разработки. Во-вторых, применяемые на практике известные материалы и технологии РИР малоэффективны, т.к. были разработаны для реальных горно-геологических условий, которые значительно изменились за последние 20–30 лет добычи газа и нефти.

Для ограничения притока воды по проницаемым пропласткам одним из первых был разработан метод, основанный на периодической закачке в пласт воздуха или азота.

рированной воды. Для повышения его эффективности предложено в состав аэрированной жидкости вводить ПАВ (пена).

Достаточно широко на многих месторождениях применяются составы на основе силиката натрия (жидкое стекло) и соляной кислоты. Закачка в пласт вышеуказанных составов позволяет образовывать гидрогели кремниевой кислоты. При этом наблюдается образование осадков и гелей с высокими закупоривающими свойствами. Были разработаны два типа так называемых силикогелей – кислотные и щелочные. Закачиваемый изолирующий состав проникает в газонефтеносную часть пласта и, возможно, частично блокирует его, что приводит к снижению продуктивности скважины. Силикаты натрия могут использоваться при температурах до 100 °С в минерализованных водах при концентрации солей двухвалентных металлов до 3,9 % мас. и жесткости воды 720 мг(экв./л). К положительным свойствам такого состава можно отнести хорошую адгезию к песчаникам и известнякам и селективность воздействия на пласт (взаимодействует с поливалентными ионами пластовых вод).

Суть одной из инновационных технологий заключается в комплексном применении специального бандажа (кожуха) и уникальных компаундов (заполнителей на основе синтетического каучука, свойства которых зависят от характера устраняемой утечки – температуры, физико-химических характеристик среды, давления). Специальный зажим устанавливается на место протечки и создает вокруг него герметичную полость. Далее с помощью специального гидравлического инструмента в полости создается более высокое давление, чем давление в системе, после чего полость заполняется герметизирующим компаундом. В результате более высокого давления и вулканизации под воздействием температуры образуется новая герметизирующая структура. Зажимы и защитные кожухи рассчитываются и выполняются как дополнительный элемент трубопровода, способный выдержать все возникающие на конкретном производстве технологические нагрузки на трубопровод.

Таким образом, после установки они могут работать как дополнительный укрепляющий элемент трубопровода.

Литература:

1. Классификация асфальто – смолистых и парафиновых отложений (АСПО). Механизм образования / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 143–147.

2. Газораспределительные станции: назначение основных узлов и их эксплуатация / Д.А. Иноземцев [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 156–160.

3. Математическая модель энергического критерия хрупкого разрушения / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 29–32.

4. Об одной математической модели в задаче гидроразрыва нефтеносного пласта / В.И. Дунаев [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 10 (334). – С. 39–41.

5. Исследование математической модели энергического критерия разрушения хрупких материалов / В.И. Дунаев [и др.] // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2019. – Т. 16. – № 1. – С. 21–25.

6. Классификация современных методов неразрушающего контроля. Возможность применения для диагностики оборудования нефтегазовой отрасли / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-

практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 138–142.

7. Совершенствование технологии борьбы с гидратообразованием / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 181–183.

8. Мозговой Д.Н., Ханюченко Н.Д. Проведение основных диагностических испытаний перед ГРП // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 255–257.

Literature:

1. Classification of asphalt-resin and paraffin deposits (ASPO). Mechanism of formation / A.V. Polyakov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 143–147.

2. Gas-distributing stations: assignment of main units and their operation / D.A. Inozemtsev [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 156–160.

3. Mathematical model of energy criterion of brittle fracture / V. I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of International Scientific-Practical Conference devoted to the 75-th anniversary of the Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 29–32.

4. About one mathematical model in the task of oil-bearing formation hydraulic fracturing / V.I. Dunayev [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 10 (334). – P. 39–41.

5. Study of the mathematical model of the energy criterion for fracture of brittle materials / V.I. Dunayev [et al.] // Environmental Bulletin of Scientific Centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2019. – V. 16. – № 1. – P. 21–25.

6. Classification of modern methods of non-destructive testing. Possibility of application for diagnostics of the oil and gas industry equipment / A.V. Polyakov [et al.] // Nauka. New generation. Success: materials of International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 138–142.

7. Improvement of technology to combat hydrate formation / A.V. Polyakov [etc.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in the Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 181–183.

8. Mozgovoy D.N., Khanuchenko N.D. Carrying out basic diagnostic tests before hydraulic fracturing // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vols. – Krasnodar : Publishing House-South, 2020. – V. 1. – P. 255–257.

РОЛЬ ЯЗЫКОВОЙ ПОЛИТИКИ В ФОРМИРОВАНИИ ЭТНИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

THE ROLE OF LANGUAGE POLICY IN THE FORMATION OF ETHNIC IDENTITY

Хлабыстова Н.В.

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. Статья посвящена актуальной теме самоидентификации личности в процессе увеличивающейся глобализации, как основной тенденции миропорядка. В процессе осознания самого себя в ходе формирования полноценной личности человек познает свою социальную и этническую природу. Большое значение во всех этих процессах имеет проводимая государством языковая политика, основу которой составляют нормативно-правовые акты власти.

Ключевые слова: языковая политика, этническая самоидентификация, личность, государство, органы власти, язык как средство коммуникации, язык как средство самоидентификации, гражданственность.

Khlabystova N.V.

Kuban State Technological University

Annotation. The article is devoted to the actual theme of self-identification of personality in the process of increasing globalization as the main tendency of world order. In the process of self-awareness in the formation of a full-fledged personality person learns his social and ethnic nature. Of great importance in all these processes is the language policy carried out by the state, the basis of which is formed by the regulatory legal acts of power.

Keywords: language policy, ethnic self-identification, personality, state, authorities, language as a means of communication, language as a means of self-identification, citizenship.

Идентичность – это окончание сложного процесса «узнавания» личностью самой себя и соотнесение ею некоторой социальной общности с собственным духовным опытом, а идентификация – свидетельство социальной адаптации личности к окружающей действительности. В процессе освоения действительности активно используется язык, как эффективное средство рефлексии. Можно утверждать, что идентичность – результат социальной коммуникации. Из сказанного ясно как важна роль в самоидентификации личности языковая политика. Факторы, влияющие на идентичность – это социальные, политические и экономические изменения среды обитания этноса.

Термин «языковая политика» исследователи понимают по-разному. Т.Н. Чунихина определяет термин языковая политика как «целенаправленную деятельность уполномоченных государственных институтов по определению и реализации совокупности мероприятий по сознательному воздействию на язык» [1]. Она считает, что главные инструменты языковой политики – это законы. Н.М. Мухарямов, О.Б. Януш, Я.М. Мухарямова [2] отмечают, что в 2018 г. с принятием поправок к ФЗ «Об образовании в РФ» в нормативно-правовую основу языковой политики были внесены существенные изменения, формирующие жизненную позицию и влияющие на этническую самоидентификацию личности. Закон закрепляет возможность выбора языка для получения образования. Далее автор рассуждает о том, что эти поправки не смогут разрешить все накопившиеся в языковом пространстве России проблемы, но, властными структурами, несомненно, было обращено внимание на серьезный вопрос, который давно требовал решения.

Подтверждая эту мысль, приведем рассказ Б.М. Атаева [3] о языковой ситуации в Дагестане, который многие жители России считают территорией дагестанского языка. Особенностью Дагестана является отсутствие одной титульной нации, одного общепринятого и понятного для всех языка, а статусом государственного языка в соответствии со ст. 10 Конституции Дагестана является русский язык и языки народов Дагестана. Далее им же поднимается вопрос о том, что разницу в выражении «языки Дагестана» и «дагестанский язык» смогут понять лишь лингвисты. Автор, отмечал, что в Дагестане, полностью выполняющая функцию языка межнационального общения, широко используется русский язык.

Проблема сохранения языков коренных малочисленных народов России стоит очень остро. И поправки высветили сложное положение не только языков, но и их носителей. Этот вывод логически проистекает из речи руководителя Федерального агентства по делам национальностей И. Баринова. Эта позиция бесспорна – отношение к языку, это отношение к себе, к своим предкам, которые говорили на родном языке, к своим корням.

В условиях возрастающего кризиса, нарастания тенденций глобализации, сохранение национальной, в первую очередь, языковой идентичности с помощью государственной политики выраженной в начале законодательных преобразований, крайне важно. В условиях открытых границ гораздо престижнее было изучать иностранные языки: английский, французский, испанский [4]. Большой популярностью начали пользоваться у некоторых жителей России языки восточной языковой семьи. Однако, изучая иностранные языки, нельзя забывать свой язык. Продолжая тему взаимодействия национальных культур, как не вспомнить самое жесткое, самое насильственное воздействие – вытеснение родного языка.

Б.М. Атаев озвучил непростую проблему: взаимодействие этносов возможно лишь при условии понимания языков друг друга. Русский язык стал языком ясным и понятным всем народам. Но некоторые не могут поддерживать свой язык в иной языковой среде, носителей родного языка этих этносов мало. Рыночная экономика включила в свою сферу все население России, объективно способствуя широкому коммуникативному распространению русского языка, вытесняя языки малочисленных народов в силу их не очень широкого распространения. Объективные процессы усугубляются субъективными факторами, – есть «модные» и «немодные» языки, языки пользования в сети Интернет. Отсюда закономерно возникает вопрос: с кем ассоциирует себя молодежь, пользователи социальных сетей? Проблема языковой коммуникации видится двояко: отсутствие возможности общаться на родном языке, если он действительно редкий и отсутствие общаться на родном языке с представителями различных социальных групп. Даже на русском языке общение между людьми разных социальных слоев и классов существенно затруднено.

В целом проблему языкового барьера нельзя назвать проблемой малочисленных народов, эта проблема глубже и сложнее. Речь идет не только о простом понимании людьми друг друга, а в первую очередь, о том языке, на котором происходит общение. На язык коммуникации влияют многие факторы, в том числе, неологизмы, заимствования. Во все языки народов России проникают нагромождения «бюрократизмов», изменяется интонационная характеристика речи. Огромное количество слов перешло из лексикона интернет-игроков. Русский язык – системообразующий язык России. Ему отведена роль языка государствообразующей нации. Это обязывает задуматься о том, в какую сторону меняется наш язык, язык коммуникации, независимо от истоков происхождения этих изменений.

Внесение поправок в законодательную основу образовательной политики в части пользования родным языком означает, что в государстве обратили внимание, на основу коммуникации, что роль языка осознается на высоком государственном уровне. Теперь необходимо «освободить» его от наносного и ненужного, осознать его гармоничность. В нормотворчестве можно было бы, с учетом повсеместного обращения к интернет-ресурсам, разработать и внедрить языковые платформы народов России, привлекая из в разных бизнес-ситуациях, в условиях заключения договоров, использования в качестве субтитров для людей, говорящих на языках народностей России. Все эти меры могли бы составить «дорожную карту» развития «языковой политики Российской Федерации».

Приоритет определенного языка во внешней и внутренней политике государства – это одно, запрет использования остальных языков народов, проживающих на его тер-

ритории – другое. Укрепление государства, создание национальной идентичности возможно разными способами, и таким в том числе. Например, Латвия, Литва, Эстония, Украина решили строить языковую политику на основе запрета применения языков других народов практически во всех сферах публичной жизни, кроме бытовой. По умолчанию считается, что большую часть и основу этих государств составляют соответственно латвийцы, литовцы, латыши, и украинцы соответственно. Целью подобной политики естественно является объединение, сплочение государства проводимой внутренней политикой, а во внешней политике происходит безошибочная идентификация определенного государства по культурному коду: его товаров, услуг, предприятий – по государственному языку, используемому в наименованиях.

На наш взгляд, языковая политика государства не должна мешать личности реализовать принадлежность к «своему» государству.

Логика строения языковой политики РФ должна развиваться. По мнению С.А. Белова, А.А. Кропачева, А.А. Соловьева [5] и других исследователей, следующим шагом в формировании мер языковой политики должно стать языковое моделирование при реализации целей, намеченных нормативно-правовыми актами государства. К главным животрепещущим вопросам следует отнести борьбу с языковой безграмотностью, разработать правила использования языков народностей РФ в процессе общения в быту и с органами власти, а это приведет к потребности урегулировать делопроизводственные процессы языкового и электронного взаимодействия, как в традиционном документообороте, так и на официальных сайтах.

Литература:

1. Чунихина Т.Н. Правовые основы языковой политики государства // Научные труды КубГТУ. – 2020. – № 2. – С. 164–168.
2. Януш О.Б. Языковая политика в теоретических контекстах неоконституционализма / О.Б. Януш, Н.М. Мухарьямов, Я.М. Мухарьямова // Политическая лингвистика. – 2020. – № 6 (84). – С. 156–165.
3. Атаев Б.М. Русский язык и языки народов Дагестана: особенности функционирования в полиэтнической среде // Вестник ВЭГУ. – 2008. – № 4 (36). – С. 5–10.
4. The Oxford Handbook of Language Policy and Planning / Ed. by J.W. Tollefson and M. Perez-Mlans. Oxford: Oxford University Press, 2018. 754 p. [Электронный ресурс]. – URL : https://www.kp.ru/daily/26909.7/3954443/?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop (дата обращения 21.05.2021).
5. Белов С.А. Разработка концепции и нормативно-правовое обеспечение государственной языковой политики в Российской Федерации / С.А. Белов, Н.М. Кропачев, А.А. Соловьев // Вестник Санкт-Петербургского университета. Право. – 2017. – Т. 8. – Вып. 1. – С. 42–55.

Literature:

1. Chunikhina T.N. Legal bases of the language policy of the state // Scientific Proceedings of the Kuban State Technical University. – 2020. – № 2. – P. 164–168.
2. Yanush O.B. Language policy in theoretical contexts of neo-constitutionalism / O.B. Yanush, N.M. Mukharyamov, Y.M. Mukharyamova // Political Linguistics. – 2020. – № 6 (84). – P. 156–165.
3. Ataev B.M. Russian language and languages of peoples of Dagestan: features of functioning in polyethnic environment // Vestnik VEGU. – 2008. – № 4 (36). – P. 5–10.
4. The Oxford Handbook of Language Policy and Planning / Ed. by J.W. Tollefson and M. Perez-Mlans. Oxford: Oxford University Press, 2018. 754 p. [Electronic resource]. – URL : https://www.kp.ru/daily/26909.7/3954443/?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop (accessed 21.05.2021).
5. Belov S.A. Development of concept and normative-legal support of state language policy in Russian Federation / S.A. Belov, N.M. Kropachev, A.A. Soloviev // Bulletin of Saint-Petersburg University. Law. – 2017. – Vol. 8 – Issue. 1. – P. 42–55.

ВЛИЯНИЕ СМИ НА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ САМООПРЕДЕЛЕНИЕ АБИТУРИЕНТОВ

THE INFLUENCE OF THE MEDIA ON THE PROFESSIONAL SELF-DETERMINATION OF APPLICANTS

Хлабыстова Н.В.

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В статье автор анализирует деятельность средств массовой информации, как фактора, влияющего на профессиональное самоопределение абитуриентов. А также информационного источника, транслирующего социальные процессы в сфере выбора профессии выпускниками школ. Раскрыта проблема влияния СМИ на формирование представлений абитуриентов о профессии.

Ключевые слова: абитуриенты, средства массовой информации, общественное мнение, профессиональное самоопределение, вуз.

Khlabystova N.V.

Kuban state technological University

Annotation. In the article, the author analyzes the activities of the mass media as a factor affecting the professional self-determination of applicants. As well as an information source that broadcasts social processes in the field of career choice by school graduates. The problem of the influence of the media on the formation of applicants' ideas about the profession is revealed.

Keywords: applicants, mass media, public opinion, professional self-determination, university.

Определение своей будущей профессии – задача невероятно важная и достаточно сложная для подростка, чьи взгляды на жизнь еще недостаточно сформировались. Качественно изучить всю информацию, все варианты и выбрать то направление, которое сможет понравиться человеку и удовлетворить определенную часть его потребностей – важнейшее условие для выбора своей будущей специальности. Необходимость обеспечения данного условия для обучающихся молодых людей показывает, насколько важно организовать эффективную систему образования в данной сфере.

Сегодня большое количество выпускников школ не владеют такой информацией, как динамика рынка труда и его потребности, специфика различных профессий и их значение для хозяйства страны, требования к психологическим и физиологическим качествам человека разных специальностей, а также сведениями о возможностях профессиональной самореализации и самоопределения в современных социально-экономических условиях [1]. Указанная проблема приводит к неспособности подростка сформировать свои личные потребности в выборе направления дальнейшего образования. Исправить же этот недостаток может грамотно организованная система средств массовой информации в виде различных программ и мероприятий по профессиональной ориентации для обучающихся.

Средства массовой информации могут оказывать влияние на выбор профессии старшеклассником путем предоставления определенной информации. Это может быть информация о привлекательности образа жизни человека соответствующей профессии; о перспективности данной профессии; качестве обучения в высших учебных заведениях.

ях по интересующему направлению; доступности высшего образования по направлению; интерес общества и популярность профессии; внимание государства, корпораций, инвесторов к профессии; научная активность в рассматриваемой области, активность внедрения инноваций; государственные стратегии инвестирования, открытия объектов инфраструктуры по данному направлению и т.д. [2]. При этом абитуриенту важно научиться проверять достоверность получаемой им информации.

Средства массовой информации являются ведущими источниками получения информации для выпускников. Самыми популярными на сегодняшний день способами взаимодействия молодых людей из СМИ являются телевидение и получение информации из Интернета и социальных сетей. Сегодня практически каждый подросток, используя социальные сети и интернет, следит за определенными интересующими его новостями. Эта информация в дальнейшем распространяется в процессе общения с друзьями и родственниками, что в свою очередь многократно усиливает влияние средств массовой информации среди молодежи.

Также следует сказать, что средства массовой информации могут носить негативный характер на профессиональное определение абитуриентов. В современных условиях тяжело контролировать большие объемы информации, из-за чего подростки могут подвергаться различного рода пропаганде, что в свою очередь может негативно сказаться на их дальнейшем выборе как места обучения, так и специальности.

Таким образом, СМИ оказывают значительное влияние на профессиональное самоопределение абитуриентов. Это влияние содержит в себе как позитивные, так и негативные моменты. Для совершенствования системы получения информации выпускниками на основе использования средств массовой информации, следует организовать ряд мероприятий, направленных на улучшение осведомленности подростков в сфере профессиональной деятельности [3].

Литература:

1. Чунихина Т.Н., Крылова А.Е. Особенности поведения абитуриентов как потребителей на рынке образовательных услуг // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2019. – № 7. – С. 237–244.

2. Хлабыстова Н.В. Профессиональное самоопределение молодежи в условиях трансформации ценности высшего образования современного российского общества (на примере ФГБОУ ВПО «КубГТУ») // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 1: Регионоведение: философия, история, социология, юриспруденция, политология, культурология. – 2014. – № 2 (139). – С. 138–148.

3. Хлабыстова Н.В. Ценность образования в системе взаимодействия «ВУЗ-потребители образовательных услуг-работодатель» : Автореф. дис. ... канд. соц. наук / Адыгейский государственный университет. – Майкоп, 2016.

Literature:

1. Chunikhina T.N., Krylova A.E. Features of behavior of applicants as consumers in the market of educational services // Electronic network multidisciplinary journal «Scientific Proceedings of KubGTU». – 2019. – № 7. – P. 237–244.

2. Khlabytova N.V. Professional self-determination of young people in terms of transformation of the value of higher education of modern Russian society (by the example of FSBEI VPO «KubGTU») // Bulletin of Adygeyan State University. Series 1: Regional Studies: Philosophy, History, Sociology, Law, Political Science, Cultural Studies. – 2014. – № 2 (139). – P. 138–148.

3. The value of education in the system of interaction «Higher education institution-consumers of educational services-employers» : Ph. Candidate of Social Sciences / Adygeya State University. – Maykop, 2016.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО САМООПРЕДЕЛЕНИЯ АБИТУРИЕНТОВ

TRANSFORMATION OF PROFESSIONAL SELF-DETERMINATION OF APPLICANTS

Хлабыстова Н.В.

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. Развитие общества изменяет все сферы общественной жизни, и соответственно трансформируются и условия существования социальных институтов. Все это, несомненно, оказывает влияние на трансформацию предпочтений абитуриентов и их профессиональное самоопределение.

Автор проанализировал изменения профессионального самоопределения абитуриентов с 70-х гг. XX в. по настоящее время.

Ключевые слова: профессиональная ориентация, абитуриенты, вуз, высшее образование.

Khlabystova N.V.

Kuban state technological University

Annotation. The development of society changes all spheres of public life, and the conditions for the existence of social institutions are transformed accordingly. All this undoubtedly has an impact on the transformation of applicants' preferences and their professional self-determination. The author analyzes the changes in the professional self-determination of applicants from the 70s of the twentieth century to the present.

Keywords: professional orientation, applicants, university, higher education.

За последние 40–50 лет жизнь в России кардинальным образом изменяется. Данные трансформации связаны в первую очередь, конечно, со сменой политического, экономического и социального устройства российского общества, а также важными факторами изменений являются широкое распространение различных технических устройств, всемирной сети интернет и, как следствие, глобализация. Общество, являясь динамичной системой «не стоит на месте», постоянно происходит преобразование социальной жизни, исследуется и изобретается что-то новое, ранее не существовавшее. Все «новинки» в большей степени оказывают влияние молодое поколение, т.к. именно оно подвержено влиянию принятию новшеств. В связи с этим изменяются цели и интересы подростков, преобразуются их ожидания от собственной жизни и ожидания и требования к своей будущей профессии.

Выбор профессии – задача достаточно сложная и неоднозначная. Ведь с одной стороны, каждая профессия подразумевает что-то новое для человека, то, чем он раньше не занимался. С другой стороны, перед выбором своей будущей специальности человек должен хорошо ее изучить, чтобы знать и быть готовым к тому, что он выберет.

В современном обществе профессий огромное множество и каждая требует определенные знания и умения. Чтобы выбрать направление своей будущей работы необходимо немалое количество информации. Предоставить эту информацию для школьников – задача системы образования и ближайших родственников обучающихся. Если это условие не будет выполнено, т.е. молодой человек в ходе своего образования не получит достаточно сведений о множестве и возможностях различных профессий, это помешает его развитию и определению своего места в жизни в целом.

Рассмотрим занятость молодежи в различных отраслях в разные временные отрезки. В позднесоветские времена 38 % занятой молодежи приходилось на промышленность, на строительство – 12 %, сельское хозяйство и торговлю – по 9 %, транспортные услуги – 8 %, в сфере образования было занято около 7 % молодых работников, а в сфере здравоохранения – 5 %.

За годы реформ (к середине 2000-х) промышленность пришла в упадок, а доля занятой в ней молодежи уменьшилась до 23 %. Зато к торговле стало приходиться гораздо больше молодых работников, теперь в этой сфере их доля составляла около 21 %. Произошло и увеличение численности и доли рабочих в системе управления – с 2 % до 10 %, финансовой деятельности – с практически нуля до 2 %. А вот наука лишилась большей части молодых кадров – с 4 % до 2 %. Подобные тенденции продолжались сохраняться.

Подводя итоги, можно сказать, что в новой эпохе российской экономики для молодежи приоритетными стали направления, связанные со сферой обслуживания и торговле, развитием и поддержкой рыночного сектора [2].

На сегодняшний день молодежь современного российского общества также предпочитает вид деятельности, который требует минимальные вложения и приносит стабильный доход (предпринимательская деятельность). Однако такой род деятельности требуют определенных навыков и умений. Отсюда и стремление большинства выпускников продолжать свое обучение в высшем учебном заведении. На промежуточных позициях находятся профессии, где требуется высокая квалификация и качественное высшее образование (юрист, инженер, врач, дизайнер, банковский служащий). Менее приоритетны для молодежи массовые рабочие специальности, где не требуется диплом о высшем образовании.

Следует сделать следующий вывод, что если раньше соотношение между занятыми в сферах материального и нематериального производства составляло примерно 70 % к 30 %, то к середине 2000-х гг. данное соотношение уже составило 45 % к 55 %, а в 2014 г. – 40 % к 60 %. Интерес к профессии, ее доходность и престижность стали определяющими факторами выбора направления для абитуриента [1].

Литература:

1. Электронный ресурс. – URL : <https://rg.ru/2016/04/14/opros-79-uchashchihsia-hotiat-najti-rabotu-v-sootvetstvii-s-interesami.html>

2. Хлабыстова Н.В. Трансформация требований основных потребителей образовательных услуг к институту высшего профессионального образования в современном российском обществе (на примере Кубанского государственного технологического университета) // Теория и практика общественного развития. – 2015. – № 7. – С. 50–53.

Literature:

1. Electronic resource. – URL : <https://rg.ru/2016/04/14/opros-79-uchashchihsia-hotiat-najti-rabotu-v-sootvetstvii-s-interesami.html>

2. Khlabystova N.V. Transformation of requirements of main consumers of educational services to institute of higher professional education in modern Russian society (on the example of Kuban State Technological University) // Theory and practice of social development. – 2015. – № 7. – P. 50–53.

**ВАРИАНТЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ СПОСОБА ОСВОЕНИЯ,
ИССЛЕДОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН
СТРУЙНЫМИ НАСОСАМИ**

**OPTIONS FOR IMPLEMENTING THE METHOD
OF DEVELOPMENT, RESEARCH AND OPERATION
OF WELLS WITH JET PUMPS**

Чеет Башар Акрам

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
Basharsheet2@gmail.com

Попряга Игорь Александрович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
g_gred@inbox.ru

Колесников Никита Андреевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
Kolesnikov.Nikita@icloud.co

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены варианты осуществления способа освоения, исследования и эксплуатации скважин струйными насосами.

Ключевые слова: скважина, струйные насосы, пласт.

Cheet Bashar Akram

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
Basharsheet2@gmail.com

Popryaga Igor Aleksandrovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
g_gred@inbox.ru

Kolesnikov Nikita Andreevich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
Kolesnikov.Nikita@icloud.co

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Annotation. This article discusses the options for implementing the method of development, research and operation of wells with jet pumps.

Keywords: well, jet pumps, reservoir.

Решение поставленной задачи расширения области применения способа освоения, исследования и эксплуатации скважин также достигается путем реализации способа, который включает спуск струйного аппарата в скважину и извлечение из скважины с помощью канатной техники.

Этот способ для решения поставленной задачи осуществляют следующим образом. Струйный аппарат спускают в скважину совместно с глубинным манометром, имеющим блок непрерывной записи забойного давления, при этом после освоения скважины меняют режимы эксплуатации скважины путем изменения давления нагнетания и/или расхода рабочей жидкости и/или замены проточной части струйного аппарата на проточную часть с другими геометрическими размерами площади рабочего сопла и/или камеры смешения, замеряют значения дебита скважины и забойного давления на различных режимах и строят индикаторную диаграмму скважины, по которой определяют границу рациональной области эксплуатации скважины, исходя из соотношения

$$P_{зab} > 1,1P_{зab.мин.доп}, \quad (1)$$

где $P_{зab.мин.доп}$ – минимально допустимое забойное давление.

При реализации данного способа освоения, исследования и эксплуатации скважин, полученные замеры забойного давления используют при построении карты изобар разрабатываемого нефтяного пласта. Указанная совокупность технологических операций предлагаемых вариантов осуществления способа освоения, исследования и эксплуатации скважин позволяет решить поставленную задачу расширения области применения способа.

На рисунке 1 изображен узел установки при спуске струйного насоса с помощью канатной техники, а на рисунке 2 показана индикаторная диаграмма скважины.

Для выполнения способа освоения, исследования и эксплуатации скважин насосно-эжекторная система содержит (рис. 1) струйный аппарат 1 с соплом 4 совместно с глубинным манометром 21, имеющим блок непрерывной записи забойного давления, спущенный в скважину и извлекаемый из скважины с помощью канатной техники. Узел установки струйного насоса 1 содержит ловильную головку 22, фильтр 23 и уплотнительные кольца 24.

Индикаторная диаграмма скважины (рис. 2) это зависимость дебита скважины Q от давления P . На диаграмме скважины показаны значения пластового давления $P_{пл}$, давления насыщения нефти газом $P_{нас}$, минимально допустимого забойного давления $P_{зab мин доп}$.

Согласно разработанному способу освоения, исследования и эксплуатации скважин струйный аппарат 1 спускают в скважину и извлекают из скважины с помощью канатной техники. Ловильная головка 22 служит для захвата и извлечения из скважины насоса. Фильтр 23 с щелевидными отверстиями предназначен для задержки механических примесей и предотвращает их поступление, а уплотнительные кольца 24 предназначены для предотвращения перетоков жидкости.

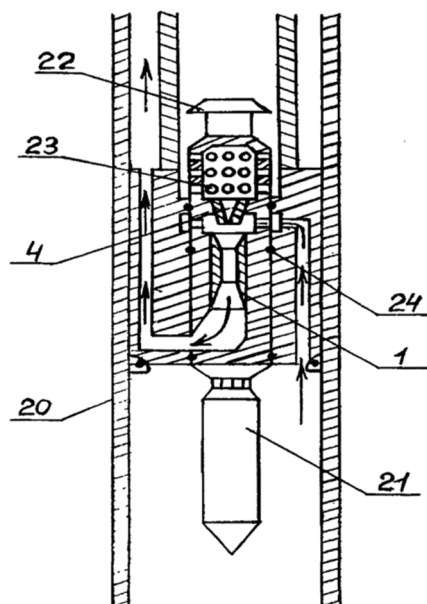


Рисунок 1 – Схема узла установки при спуске струйного насоса с помощью канатной техники:
 1 – струйный насос; 4 – сопло СН; 20 – колонна двойных НКТ; 21 – глубинный манометр;
 22 – ловильная головка; 23 – фильтр; 24 – уплотнительные кольца

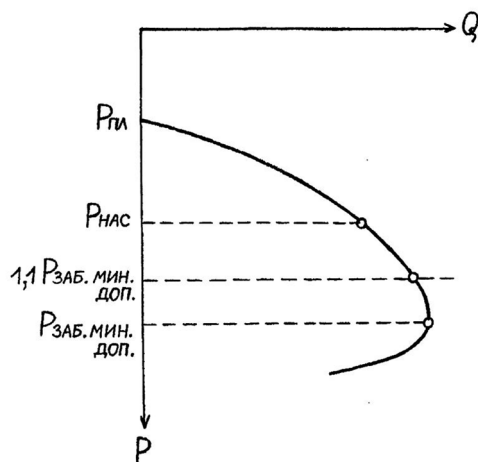


Рисунок 2 – Индикаторная диаграмма скважины

При осуществлении способа струйный аппарат 1 спускают совместно с глубинным манометром 21, имеющим блок непрерывной записи забойного давления. При этом после освоения скважины меняют режимы эксплуатации скважины путем изменения давления нагнетания и/или расхода рабочей жидкости и/или замены проточной части струйного аппарата на проточную часть с другими геометрическими размерами площади рабочего сопла и/или камеры смешения, замеряют значения дебита скважины и забойного давления на различных режимах и строят индикаторную диаграмму скважины (рис. 2).

В связи с тем, что нарушается линейный закон фильтрации, индикаторная линия принимает нелинейный вид и становится выпуклой к оси дебитов. Нельзя увеличивать депрессию на пласт для того, чтобы предотвратить падение дебита. Необходимо иметь запас минимально допустимого забойного давления, с тем, чтобы не перейти границу рациональной области эксплуатации скважины, исходя из соотношения (1).

При реализации способа по полученным замерам забойного давления строят карты изобар разрабатываемого нефтяного пласта.

Таким образом, указанная совокупность технологических операций разработанной технологии освоения, исследования и эксплуатации скважин с помощью насосно-эжекторных систем позволяет снизить материально-технические и трудовые затраты

путем существенного упрощения и удешевления процесса контроля забойного давления, облегчения условий подъема продукции скважины и сепарации смеси на поверхности, минимизации потерь давления на трение, своевременной диагностики состояния сопла струйного аппарата, а также предотвращения осложнений, связанных с добычей скважинной продукции по эксплуатационной колонне. Кроме того, предотвращаются недопустимые режимы эксплуатации скважины. Тем самым, расширяется область применения разработанной технологии освоения, исследования и эксплуатации скважин по сравнению с известными технологиями.

Литература:

1. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
2. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
3. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
4. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.
5. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.
6. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутрипромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.
7. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.
8. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.
9. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.
10. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.
11. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.
12. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколе-

ние. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

13. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

14. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

15. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

16. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

17. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

18. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

19. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

20. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

Literature:

1. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremichuk R.S. Scientific basis and practice of development of oil and gas wells. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.

2. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of oil and gas fields. – Krasnodar : Izd. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.

3. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and development prospects of Lebedinsky gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.

4. Shiyani S.I., Skiba A.S. Technology of reservoir pressure maintenance system regulation at Abino-Ukrainian field // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 279–288.

5. Shiyani S.I., Muntyan V.S. Prospects for the development of the North-Tarasovskoye oil field with the use of energy- and resource-saving technologies // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 289–299.

6. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products at Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.

7. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoye field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.
8. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.
9. Perfection of Hydrojet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.
10. Methods to increase oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of a field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.
11. Analysis of operating modes of wells at Nekrasovskoye gas condensate field and justification of downhole equipment used / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.
12. The use of the magnetic-pulse flaw detection to control the state of the wells of two-column structure / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.
13. The solution of the problem of the negative effect of mechanical impurities in the ESP installations on the example of the Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.
14. Development of hydro-jet method of oil recovery / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.
15. Analysis of the causes of hydrate formation during well operation in gas fields / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.
16. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells in gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.
17. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.
18. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskie readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.
19. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in the field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.
20. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.

СПЕЦИФИКА СОЦИОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА ИЗУЧЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

THE SPECIFICS OF THE SOCIOLOGICAL APPROACH TO THE STUDY OF EDUCATION

Чернышева С.А.

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В статье автор анализирует основные вопросы о роли и месте высшего образования в социальной структуре общества.

Автор приходит к выводу, что социология образования необходима для практической деятельности в системе образования. Она дает более полное представление о различных социальных статусах, ролях и ожиданиях, связанных с ролями в системе образования.

Ключевые слова: социология образования, вуз, трансформация, высшее образование.

Chernysheva S.A.

Kuban state technological University

Annotation. In the article, the author analyzes the main questions about the role and place of higher education in the social structure of society. The author comes to the conclusion that the sociology of education is necessary for practical activity in the education system. It provides a more complete picture of the various social statuses, roles and expectations associated with roles in the education system.

Keywords: sociology of education, university, transformation, higher education

Актуальность данной темы заключается в том, что социология образования в целом выражает применение социологического подхода к изучению образования, к совершенствованию социальных аспектов его организации, отношений и деятельности в сфере образования. С общенаучной точки зрения существует несколько причин особого внимания к социологическому изучению образования на глобальном, национальном и локальном уровнях.

Развитие образования усиливает роль социальных факторов в экономической и политической жизни общества и отчасти служит гарантией реализации социально-экономических и гуманитарных прав человека. Образовательная политика стала инструментом социального партнерства ради политической стабильности в отдельных странах. Национальные системы образования все в большей степени определяют состояние общественного интеллекта и темпы научно-технического прогресса, а также перспективы глобальной конкуренции.

Анализ социальных аспектов образования, в том числе перечисленных выше, а также научные прогнозы становятся частью участия общественности в управлении образованием в развитых странах.

Конкуренция между национальными системами образования, подпитываемая их коммерциализацией и международными рейтингами, создает новую основу для борьбы за концептуальный контроль над этими системами. Признаки такой борьбы с привлечением международных финансовых организаций под видом «кредитной помощи» описываются и социологами.

В свете вышесказанного вовсе не случайно, что мир пытается поставить под контроль образовательные системы других стран. Старые примеры такой политики известны из опыта метрополий в управлении школьными системами колоний и из постколониальной истории, а новые эксперименты такого же рода не являются секретом для социологов, пишущих об образовании как культурном империализме. Псевдонаучное «освещение» подобных экспериментов – это модные идеи глобализации, взаимозависимости, интеграции интеллектуальных ресурсов, прав человека, взаимного признания дипломов и академической мобильности студентов и ученых.

Социология образования также необходима для практической деятельности в системе образования. Она дает более полное представление о различных социальных статусах, ролях и ожиданиях, связанных с ролями в системе образования. То есть это может сделать сотрудников более терпимыми к определениям ролей других людей.

Социология помогает установить диагнозы противоречий и нерешенных проблем в системе образования, источники «болезненных состояний» этой системы, выявить пробелы в управленческом опыте и определить управленческие звенья, ответственные за ошибки, а потому необходимо регулярно проводить социологические исследования с целью предвидения и предотвращения последующих проблем, а также совершенствования самой системы образования.

Литература:

1. Хлабыстова Н.В. Рынок образовательных услуг: привлечение абитуриентов как основных потребителей // Научный вестник Южного института менеджмента. – 2020. – № 1 (29). – С. 76–78.

2. Нетребко Е.Н., Хлабыстова Н.В. Социокультурные факторы, определяющие стратегию поведения поступающих негосударственных вузов Краснодарского края // Мир науки. Социология, филология, культурология. – 2019. – Т. 10. – № 2. – С. 1.

Literature:

1. Khlabyystova N.V. Market of educational services: attraction of applicants as the main consumers // Scientific Bulletin of the Southern Institute of Management. – 2020. – № 1 (29). – P. 76–78.

2. Netrebko E.N., Khlabyystova N.V. Sociocultural factors determining the strategy of behavior of applicants of non-state universities of Krasnodar region // World of Science. Sociology, Philology, Culturology. – 2019. – V. 10. – № 2. – P. 1.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ РАБОТЫ СОВМЕСТНЫХ СКВАЖИН И СКВАЖИН С ОДНОВРЕМЕННО-РАЗДЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ

ANALYSIS OF OPERATION PROCESSES OF JOINT WELLS AND WELLS WITH SIMULTANEOUS SEPARATE OPERATION

Шампуров Михаил Алексеевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Комаров Арсений Олегович

студент направления подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
arsa_tkd@mail.ru

Мишуров Виктор Александрович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
Av-va01@mail.ru

Шупенько Владислав Романович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В данной статье рассмотрена геолого-физическая характеристика пластов ЮВ11 и ЮВ12 Ново-Покурского месторождения, а также проведен сравнительный анализ процессов работы совместных скважин и скважин с одновременно-раздельной эксплуатацией.

Ключевые слова: контур нефтеносности, совместная добыча, раздельная добыча, дебит скважины.

Shampurov Mikhail Alekseevich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Komarov Arseniy Olegovich

Student training direction 21.04.01 «Oil and gas engineering»,
 Institute of Oil, Gas and Energy,
 Kuban state technological university
 arsa_tkd@mail.ru

Mishurov Viktor Aleksandrovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas business»,
 Institute of Oil, Gas and Energy,
 Kuban state technological university
 Av-va01@mail.ru

Shupenko Vladislav Romanovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas business»,
 Institute of Oil, Gas and Energy,
 Kuban state technological university

Annotation. This article discusses the geological and physical characteristics of the YuV11 and YuV12 formations of the Novo-Pokurskogo field, as well as a comparative analysis of the process of operation of joint wells and wells with simultaneous-separate operation.

Keywords: oil-bearing contour, joint production, separate production, well flow rate.

С целью уточнения контуров нефтеносности пласта ЮВ11 и выработки его запасов нефти с 1995 года недропользователем начались работы по приобщению интервалов пласта ЮВ11 скважинами, эксплуатирующими пласт ЮВ12.

Таблица 1 – Геолого-физическая характеристика пластов

Параметры	ЮВ ₁ ¹							ЮВ ₁ ²
	Основная залежь (р-н скв. 231П)	р-н скв. 223П	р-н скв. 321	Восточная залежь	р-н скв. 294Р	р-н скв. 243П	р-н скв. 242Р	
Средняя глубина залегания (а.о.), м	-2743	-2752.5	-2742.5	-2762.2	-2758.5	-2766.2	-2748.2	-2794
Средняя общая толщина, м	10.3	14.3	8.0	17.4	20.6	8.8	13.8	7.0
Нефтенасыщенная толщина, м	2.2	2.7	1.6	8.5	0.6	0.7	2.5	4.9
Эффективная водонасыщенная толщина, м	5.9	6.5	3.9	1.7	14.2	5.2	6.2	0.1
Коэффициент пористости, д.ед.	0.17	0.15	0.17	0.17	0.17	0.19	0.17	0.17
Коэффициент нефтенасыщенности пласта, д.ед.	0.54	0.44	0.50	0.6	0.64	0.55	0.59	0.61
Коэффициент нефтенасыщенности ЧНЗ, д.ед.	0.55	-	-	0.61	-	-	-	0.61
Коэффициент нефтенасыщенности ВНЗ, д.ед.	0.54	0.44	0.50	0.57	0.64	0.55	0.59	0.56
Проницаемость, 10 ⁻³ мкм ²	14.9	7.5	15.4	17.3	29.0	35.3	30.5	21.1
Коэффициент песчаности, д.ед.	0.80	0.75	0.76	0.82	0.87	0.73	0.76	0.74
Расчлененность	3.1	4.6	3.1	4.0	4.0	3.0	3.7	2.8
Начальная пластовая температура, °С	90	90	90	90	90	90	90	92
Начальное пластовое давление, МПа	28.2	28.3	28.2	28.6	28.4	28.5	28.3	28.6
Вязкость нефти в пластовых условиях, мПа*с	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	2.34
Плотность нефти в пластовых условиях, т/м ³	0.783	0.783	0.783	0.783	0.783	0.783	0.783	0.809
Плотность нефти в поверхностных условиях, т/м ³	0.847	0.847	0.847	0.846	0.847	0.847	0.847	0.866
Абсолютная отметка водонефтяного контакта (ВНК), м	-2746	-2755	-2744.5	-2784.4	-2761	-2766.8	-2753.4	-2818 +/-1.3
Объемный коэффициент нефти, д.ед.	1.120	1.120	1.120	1.096	1.120	1.120	1.120	1.096
Давление насыщения нефти газом, МПа	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.1
Газовый фактор, м ³ /т	64	64	64	52	64	64	64	50
Вязкость воды в пластовых условиях, мПа*с	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.37
Плотность воды в поверхностных условиях, т/м ³	1.017	1.017	1.017	1.017	1.017	1.017	1.017	1.020
Коэффициент вытеснения, д.ед.	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.575

Всего в совместной эксплуатации находились 68 добывающих скважин, отдельно на объект ЮВ11 работало 35 скважин, на объект ЮВ12 – 266 скважин.

На рисунке 1 показана количественная оценка превосходства скважин, ведущих эксплуатацию одного пласта и одновременно двух пластов по объектам ЮВ11 и ЮВ12 Ново-Покурского месторождения.

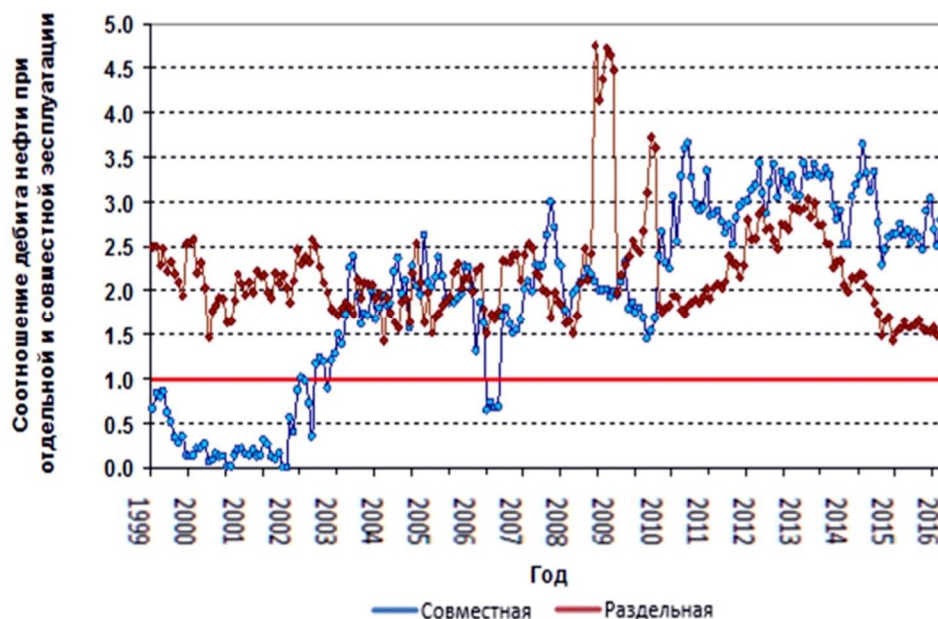


Рисунок 1 – Соотношение дебитов нефти при раздельной и совместной эксплуатации по объектам ЮВ11 и ЮВ12 Ново-Покурского месторождения

Видно, что производительность скважин раздельного фонда по пластам ЮВ11 и ЮВ12 в среднем вдвое больше производительности объектов при эксплуатации их общим фильтром.

В таблицу 2 сведены основные показатели выработки запасов нефти по скважинам, работающим как совместно, так и раздельно

Таблица 2 – продуктивные возможности скважин совместного и раздельного фондов

Показатели	Пласт ЮВ ₁ ¹			Пласт ЮВ ₁ ²			Всего		
	раздельная добыча	совместная добыча	всего	раздельная добыча	совместная добыча	всего	раздельная добыча	совместная добыча	всего
Накопленная добыча, %	13	16	30	61	10	70	77	23	10
Накопленная добыча нефти на одну скв., тыс. т	35.4	22.3	26.7	21.1	13	19.5	23.8	30.8	25.1
Средний дебит нефти на конец 2015 года, т/сут	6.08	1.49	3.63	5.65	3.79	5.21	5.76	2.64	5.33
Среднегодовая обводненность за 2015 год, %	62.3	64.2	62.7	56.8	66.9	58.4	58.1	66.2	59.5

Накопленные отборы нефти на скважину в раздельных скважинах по горизонтам превосходят данный показатель в скважинах совместного фонда. Среднегодовой дебит нефти по объекту ЮВ11 в совместных скважинах (1,49 т/сут) ниже в четыре раза среднегодового дебита нефти в раздельных скважинах (6,08 т/сут), по скважинам пласта ЮВ12 дебит нефти в скважинах, работающих только на рассматриваемый пласт, превышает в полтора раза аналогичный параметр по скважинам совместного фонда. Среднегодовая обводненность добываемой продукции в скважинах совместного фонда хоть и несущественно, но больше, чем в раздельных, что также указывает на лучшую работу скважин при раздельной эксплуатации. Подробный анализ работы совместных скважин позволяет выделить единичные случаи, где производится эффективная выработка запа-

сов при совместной эксплуатации. Примером является скважина № 930, расположенная в чистонефтяной зоне (ЧНЗ) восточной залежи, по которой при совместной эксплуатации получены хорошие результаты.

Литература:

1. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для студентов вузов / А.И. Булатов [и др.]. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
2. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
3. Савенок О.В., Качмар Ю.Д., Яремийчук Р.С. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
4. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
5. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.
6. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.
7. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутринефтепромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.
8. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.
9. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.
10. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.
11. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.
12. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.
13. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.
14. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех :

материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

15. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

16. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

17. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

18. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

19. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

20. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

21. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

Literature:

1. Ecology in the construction of oil and gas wells: a textbook for university students / A.I. Bulatov [and others]. – Krasnodar : LLC «Prosveshchenie-Yug», 2011. – 603 p.

2. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Scientific bases and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.

3. Savenok O.V., Kachmar Y.D., Yaremichuk R.S. Oil and gas engineering in well development. – M. : Infra Engineering, 2019. – 548 p.

4. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and development prospects of Lebedinsky gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.

5. Shiyani S.I., Skiba A.S. Technology of reservoir pressure maintenance system regulation at Abino-Ukrainian field // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 279–288.

6. Shiyani S.I., Muntian V.S. Prospects for the development of the North-Tarasovskoye oil field with the use of energy- and resource-saving technologies // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 289–299.

7. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products at Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.

8. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoye field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.
9. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of the used downhole equipment / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.
10. Methods of struggle against hydrate formation during well operation in a gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.
11. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made deposits by example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.
12. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskie readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.
13. Development of hydro-jet method of oil recovery / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : the materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.
14. Analysis of the causes of hydrate formation during well operation in gas fields / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.
15. Application of magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of double-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.
16. Solution of the problem of the negative impact of mechanical impurities in the ESP unit by the example of the Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.
17. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.
18. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.
19. Features of exploitation of producing wells in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.
20. Improving the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.
21. Methods to increase oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of a field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХКОНТУРНЫХ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

MATHEMATICAL MODELING OF THREE-CIRCUIT COMBINED CYCLE PLANTS

Шапошников Валентин Васильевич

доцент кафедры «Теплоэнергетики и теплотехники»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
shaposhnikov.valentin@gmail.com

Батько Дмитрий Николаевич

аспирант кафедры «Теплоэнергетики и теплотехники»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
batkodn@mail.ru

Михалко Ярослав Олегович

аспирант кафедры «Теплоэнергетики и теплотехники»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
mikhalkoyaroslav@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы моделирования оборудования тепловых электрических станций. Разработана модель котла-утилизатора ЭМА-003-КУ трехконтурной парогазовой установки на базе ГТУ М701F4. Верификация проводилась по данным для ПГУ-410 Краснодарской ТЭЦ. Анализ расчетных и паспортных данных показал достаточную сходимость (расхождение менее 5 %).

Ключевые слова: ТЭС, парогазовая установка, математическое моделирование.

Shaposhnikov Valentin Vasilievich

Associate Professor of the Department of Heat Power Engineering and Heat Engineering,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban state technological University
shaposhnikov.valentin@gmail.com

Batko Dmitry Nikolaevich

Graduate Student of the Department of Heat Power Engineering and Heat Engineering,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban state technological University
batkodn@mail.ru

Mikhalko Yaroslav Olegovich

Graduate Student of the Department of Heat Power Engineering and Heat Engineering,
Institute «Oil, gas and energy»,
Kuban state technological University
mikhalkoyaroslav@yandex.ru

Annotation. The article deals with the issues of modeling the equipment of thermal power plants. A model of a waste-heat boiler EMA-003-KU of a three-circuit steam-gas plant based on GTU M701F4 has been developed. Verification was carried out according to the data for

CCGT-410 Krasnodar CHPP. Analysis of calculated and passport data showed sufficient convergence (discrepancy less than 5 %).

Keywords: TPP, combined cycle plant, mathematical modeling.

Маневренность энергосистемы может быть повышена за счет изменений в конструкции и работе тепловых электрических станций. На паротурбинных установках для этих целей применяют впрыск воды во вторичный пароперегреватель, отключение подогревателей высокого давления или замещение регенеративных отборов паром из внешних источников [1]. В качестве последних могут выступать паровые котлы, сжигающие биомассу [2] или твердые коммунальные отходы [3, 4]. Другим внешним источником теплоты являются комплексы из параболических солнечных концентраторов [5–7]. На газотурбинных установках для их форсирования используется впрыск пара в газовый тракт [8–10], а для устранения провала мощности при работе с высокими температурами окружающего воздуха устанавливают абсорбционные холодильные установки [11]. Авторский коллектив занимается исследованием повышения маневренности тепловых электрических станций за счет применения схем совместной работы паротурбинных и парогазовых установок [12].

Для исследований в направлении повышения маневренности тепловых электрических станций необходимо использование высокоточных моделей. Их разработка связана с использованием специальных программных продуктов. В работе Liu и других для моделирования парогазовых установок был применен программный продукт HYSIS [13]. Парогазовая установка с котлом утилизатором была смоделирована с помощью приложения Thermolib для программного комплекса MatLab Simulink в работе Усова С.В. и Кудинова А.А. [14]. С помощью программы Boiler Designer Мошкарин А.В. и Мельников Ю.В. исследовали работу парогазовой установки на частичных нагрузках [15]. В этой статье ставится задача разработки и верификации математической модели котла-утилизатора парогазовой установки с использованием программного продукта Boiler Designer.

В качестве объекта исследования выступает парогазовая установка ПГУ-410 Краснодарской ТЭЦ. Она представляет собой трехконтурную бинарную парогазовую установку, состоящую из газотурбинной установки типа M701F4 производства Mitsubishi Heavy Industries, Ltd (Япония), котла-утилизатора ЭМА-003-КУ (Еп-307/353/41,5-12,6/3,1/0,5-565/560/250) производства ОАО «ЭМАльянс» и паровой турбины типа Т-135/145-12,4 производства ЗАО «Уральский турбинный завод».

Стоит обратить внимание на пакетное устройство котла-утилизатора. Он выполнен газоплотным, максимальное рабочее избыточное давление на входе 4,62 кПа. Его газоплотность обеспечивает наружная металлическая обшивка, которая крепится к каркасу. В обшивке котла-утилизатора выполнены лазы для доступа к поверхностям нагрева.

Поверхности нагрева котла скомпонованы в виде последовательно расположенных по ходу газов девяти модулей:

- модуль № 1: Промежуточный пароперегреватель № 2 (ППП-2) совместно с пароперегревателем высокого давления № 3 (ППВД-3);
- модуль № 2: пароперегреватель высокого давления № 1 (ППВД-1) совместно с промежуточным пароперегревателем № 1 (ППП-1) и пароперегревателем высокого давления № 2 (ППВД-2);
- модуль № 3: испаритель высокого давления (ИВД);
- модуль № 4: экономайзер высокого давления № 3 (ЭВД-3) совместно с пароперегревателем среднего давления (ППСД);
- модуль № 5: пароперегреватель низкого давления (ППНД) совместно с экономайзером высокого давления № 2 (ЭВД-2);
- модуль № 6: испаритель среднего давления (ИСД);

- модуль № 7: экономайзер высокого давления № 1 (ЭВД-1) совместно с экономайзером среднего давления (ЭСД);
- модуль № 8: испаритель низкого давления (ИНД);
- модуль № 9: газовый подогреватель конденсата (ГПК).

Парогазовая установка Краснодарской ТЭЦ имеет ряд особенностей: ее паротурбинная установка теплофикационного типа, в схеме есть промежуточный пароперегреватель, деаэрационная колонка встроена в барабан низкого давления, частичное байпасирование экономайзера высокого давления для регулирования температуры питательной воды высокого давления и пр. На первом этапе моделирования в программе Boiler Designer были составлены подробные расчетные схемы газового и пароводяного трактов. Они представлены на рисунках 1, 2. На рисунках 3, 4 отражены расчетные схемы контура высокого и среднего давлений соответственно.

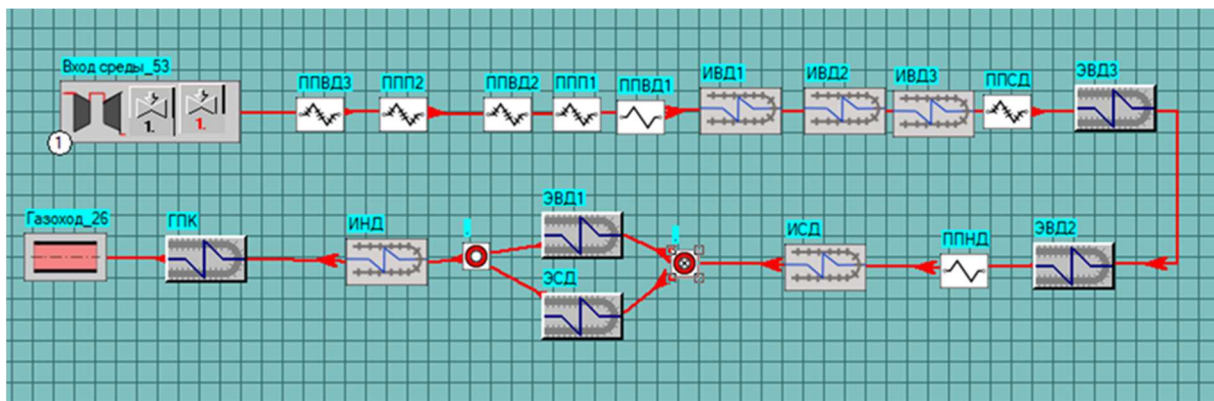


Рисунок 1 – Расчетная схема газового тракта энергоблока в программе Boiler Designer

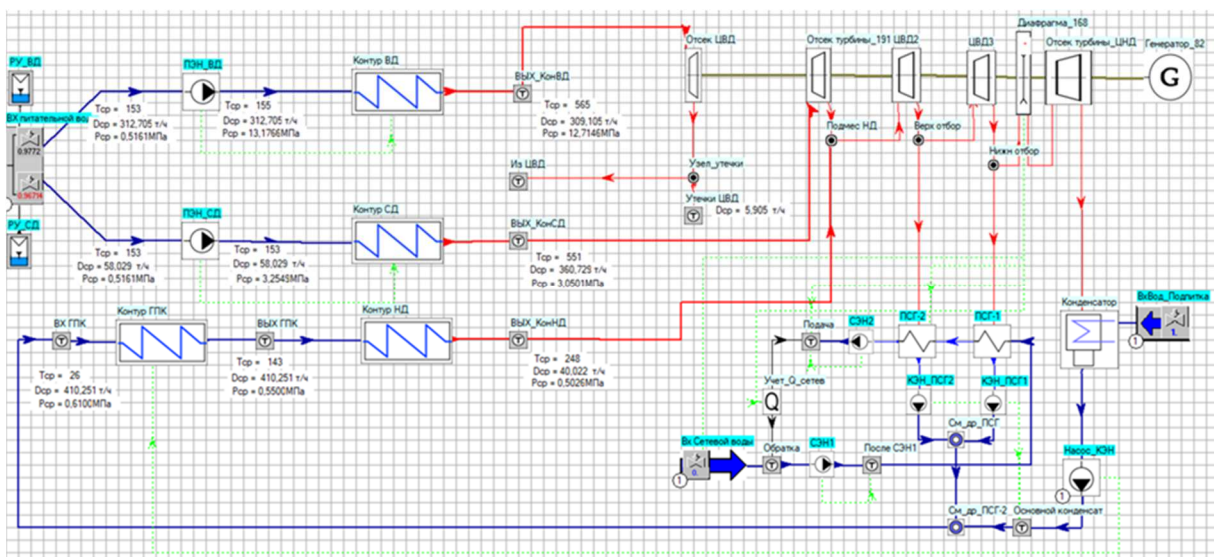


Рисунок 2 – Расчетная схема пароводяного тракта энергоблока в программе Boiler Designer

Моделирование поддержания уровней в барабанах выполняется с помощью элемента «Регулятор уровня». Барабан низкого давления является источником для питания контуров среднего и высокого давления. Элемент «Диафрагма» используется для поддержания давления в теплофикационных отборах. С помощью элементов «Трехходовой клапан» и «Регулятор трехходового клапана» смоделирована рециркуляция и байпасирование конденсата на газовом подогревателе конденсата.

Моделирование поддержания уровней в барабанах выполняется с помощью элемента «Регулятор уровня». Барабан низкого давления является источником для питания контуров

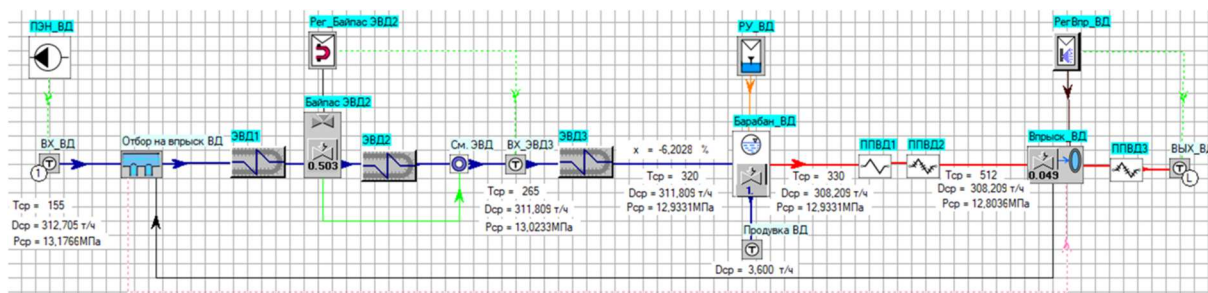


Рисунок 3 – Расчетная схема контура высокого давления в программе Boiler Designer

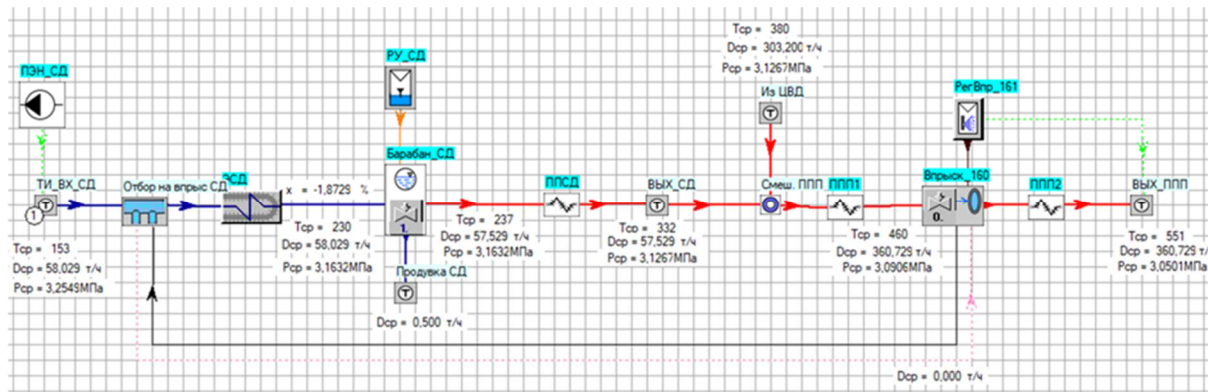


Рисунок 4 – Расчетная схема контура среднего давления в программе Boiler Designer

среднего и высокого давления. Элемент «Диафрагма» используется для поддержания давления в теплофикационных отборах. С помощью элементов «Трехходовой клапан» и «Регулятор трехходового клапана» смоделирована рециркуляция и байпасирование конденсата на газовом подогревателе конденсата. Настройка элементов математической модели, отвечающих за поверхности нагрева, производилась по паспортным данным.

Верификация математической модели производилась путем сравнения результатов расчета с помощью математической модели и паспортных данных для четырех режимов при выключенной теплофикации. Результаты верификации приведены в таблице 1. Они показывают достаточную сходимость (расхождение менее 5 %).

Таблица 1 – Сравнение результатов расчета с помощью математической модели и замера для ПГУ-410

Параметр	Раз-мер-ность	Температура наружного воздуха, тн.в, °С											
		-20			-10			-1,7			+15		
		Про-ект	Рас-чет	Δ, %	Про-ект	Рас-чет	Δ, %	Про-ект	Рас-чет	Δ, %	Про-ект	Рас-чет	Δ, %
Контур высокого давления													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Паропроизводи-тельность	т/ч	302	313	-3,55	312,1	318,3	-1,98	316,7	315,8	0,27	307,9	310,3	-0,76
Давление на выходе из котла	МПа	12,35	12,35	0	12,76	12,76	0,00	13	13	0	12,65	12,65	0,00
Температура пара	°С	547	563	-2,91	550	562	-2,18	557,5	563	-0,99	565	563	0,35
Контур промежуточного перегрева													
Расход пара на выходе	т/ч	362,2	363,2	-0,28	369,1	372,2	-0,85	365,8	370,9	-1,41	353,3	358,5	-1,46
Давление на выходе из котла	МПа	3,013	3,013	0	3,105	3,037	2,190	3,137	3,070	2,13	3,037	2,972	2,13
Температура пара	°С	540,4	554,0	-2,52	544	553	-1,65	552	554	-0,36	560	558	0,36

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Контур низкого давления													
Паропроизводительность	т/ч	36,1	34,4	4,85	38,3	37,5	2,01	37,9	37,6	0,74	41,2	41,3	-0,44
Давление на выходе из котла	МПа	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0
Температура пара	°С	259	250	3,47	258	250	3,10	258	251	2,71	251	243	3,19
Параметры на выходе из цилиндра высокого давления													
Температура пара после ЦВД	°С	366	384	-4,92	367,5	382	-3,95	372,6	381	-2,25	379,3	381	-0,45
Давление пара после ЦВД	МПа	3,138	3,093	1,44	3,232	3,186	1,42	3,264	3,217	1,44	3,161	3,114	1,48
Расход пара после ЦВД	т/ч	297,4	307,3	-3,31	307,1	312,4	-1,71	311,7	309,9	0,57	302,9	304,4	-0,47

Δ – относительная погрешность в %

Достижение такой точности связано, в первую очередь, с корректным выбором коэффициентов эффективности и использования поверхностей нагрева, а также их гидравлических сопротивлений. Таким образом, можно утверждать, что созданная математическая модель котла-утилизатора ЭМА-003-КУ трехконтурной парогазовой установки на базе ГТУ М701F4 адекватна и характеризует его работу в широком диапазоне нагрузок.

Выводы:

Нами в программе Boiler Designer была разработана математическая модель котла-утилизатора ЭМА-003-КУ трехконтурной парогазовой установки на базе ГТУ М701F4. Выполненный сравнительный анализ расчетных и паспортных данных для ПГУ-410 Краснодарской ТЭЦ показал достаточную сходимость (расхождение менее 5 %).

Полученная математическая модель может быть использована при исследованиях, связанных с модернизацией парогазовых установок, а так же для планирования режимов работы электростанции.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук (Конкурс – МК-2020), исполнитель МК-395.2020.8.

Литература:

1. Обзор методов получения дополнительной пиковой мощности паросиловых установок за счет отключения и вытеснения регенеративных отборов / В.В. Шапошников [и др.] // Промышленная энергетика. – 2020. – № 2. – С. 21–33.
2. Ozawa Y, Yoshida A, Daimaru T and Ohta Y 2018 Power plant and operation method thereof Pat. of the WO No 2018198836 appl. 13.04.2018, publ. 01.11.2018.
3. Katsushige Y, 2019 Reheat/regenerative type thermal power plant using Rankine cycle Pat. of the WO No 2005003628 appl. 02.07.2004, publ. 13.01.2005.
4. Bezuglov R.V., Papin V.V., Dyakonov E.M., Veselovskaya E.V. and Filimonov V.R. 2020 Waste co-combustion with a conventional fossil fuel on power plants MATEC Web of Conferences 329 03081.
5. Qin J, Hu E, Nathan G J and Chen L 2018 Mixed mode operation for the solar aided power generation Applied Thermal Engineering 139 177-86.
6. Adibhatla S and Kaushik S C 2017 Exergy and thermoeconomic analyses of 500 MWe sub critical thermal power plant with solar aided feed water heating Applied Thermal Engineering 123 340-52.

7. Hong H, Peng S, Zhao Y, Liu Q and Jin H 2014 A typical solar-coal hybrid power plant in China Energy Procedia 49 1777-83.
8. Шапошников В.В. Об эффективности ТЭЦ на базе ПГУ с перерасширением рабочего тела в газовой турбине и впрыском пара в газовый тракт / В.В. Шапошников, Б.В. Бирюков // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2018. – № 2. – С. 18–21.
9. Патент на полезную модель 138054 Российская Федерация МПК F02C 3/00 Газотурбинная установка / Б.В. Бирюков, В.В. Шапошников (РФ). – № 2013149764/06; заявл. 06.11.13 ; опубл. 27.02.14, Бюл. № 6.
10. Патент на полезную модель 140778 Российская Федерация МПК F01K 21/00 Парогазовая установка / Б.В. Бирюков, В.В. Шапошников (РФ). – № 2014102850/06; заявл. 28.01.14 ; опубл. 20.05.14, Бюл. № 14.
11. Wu C, Xu X, Li Q, Li J, Wang S and Liu C 2020 Proposal and assessment of a combined cooling and power system based on the regenerative supercritical carbon dioxide Brayton cycle integrated with an absorption refrigeration cycle for engine waste heat recovery Energy Conversion and Management 207 112527.
12. Шапошников В.В. Расширение регулируемого диапазона Краснодарской ТЭЦ за счет применения схемы совместной работы паросилового и парогазового энергоблоков / В.В. Шапошников, Д.Н. Батько, Я.О. Михалко // Энергосбережение и водоподготовка. – 2020. – № 1 (123). – С. 63–67.
13. Liu Z and Karimi I A 2018 New operating strategy for a combined cycle gas turbine power plant Energy Conversion and Management 171 1675-84
14. Усов С.В. Разработка математической модели ПГУ-200 Сызранской ТЭЦ в программном комплексе Thermolib / С.В. Усов, А.А. Кудинов // Теплоэнергетика. – 2016. – № 4. – С. 23–30.
15. Мошкарин А.В. Оценка показателей работы мощных одноцелевых парогазовых и паросиловых энергоблоков на частичных нагрузках / А.В. Мошкарин, Ю.В. Мельников // Вестник ИГЭУ – 2007. – Вып. 2. – С. 1–4

Literature:

1. Review of methods of obtaining the additional peak power of the steam-power plants due to switching-off and displacement of the regenerative extraction / V.V. Shaposhnikov [et al.] // Industrial Power Engineering. – 2020. – № 2. – P. 21–33.
2. Ozawa Y, Yoshida A, Daimaru T and Ohta Y 2018 Power plant and operation method thereof Pat. of the WO No 2018198836 appl. 13.04.2018, publ. 01.11.2018.
3. Katsushige Y, 2019 Reheat/regenerative type thermal power plant using Rankine cycle Pat. of the WO No 2005003628 appl. 02.07.2004, publ. 13.01.2005.
4. Bezuglov R.V., Papin V.V., Dyakonov E.M., Veselovskaya E.V. and Filimonov V.R. 2020 Waste co-combustion with a conventional fossil fuel on power plants MATEC Web of Conferences 329 03081.
5. Qin J, Hu E, Nathan G J and Chen L 2018 Mixed mode operation for the solar aided power generation Applied Thermal Engineering 139 177-86.
6. Adibhatla S and Kaushik S C 2017 Exergy and thermoeconomic analyses of 500 MWe sub critical thermal power plant with solar aided feed water heating Applied Thermal Engineering 123 340-52.
7. Hong H, Peng S, Zhao Y, Liu Q and Jin H 2014 A typical solar-coal hybrid power plant in China Energy Procedia 49 1777-83.
8. Shaposhnikov V.V. On efficiency of CHP on the basis of CCGT with overexpansion of working body in the gas turbine and steam injection into the gas path / V.V. Shaposhnikov, B.V. Biryukov // Chemical and oil and gas engineering. – 2018. – № 2. – P. 18–21.
9. Useful model patent 138054 Russian Federation MPK F02C 3/00 Gas-turbine unit / B.V. Biryukov, V.V. Shaposhnikov (RF). – No. 2013149764/06; application. 06.11.13 ; publ. 27.02.14, Bulletin no. 6.

10. Useful model patent 140778 Russian Federation MPK F01K 21/00 Steam-gas installation / B.V. Biryukov, V.V. Shaposhnikov (RF). – No. 2014102850/06 ; application. 28.01.14 ; publ. 20.05.14, Bulletin no. 14.

11. Wu C, Xu x, Li Q, Li J, Wang S and Liu C 2020 Proposal and assessment of a combined cooling and power system based on the regenerative supercritical carbon dioxide Brayton cycle integrated with an absorption refrigeration cycle for engine waste heat recovery Energy Conversion and Management 207 112527.

12. Shaposhnikov V.V. Expansion of the regulating range of the Krasnodarskaya TPP due to application of the scheme of combined work of the steam-power and gas-steam units. Shaposhnikov, D.N. Batko, Ya.O. Mikhalko // Energy Saving and Water-Preparation. – 2020. – № 1 (123). – P. 63–67.

13. Liu Z and Karimi I A 2018 New operating strategy for a combined cycle gas turbine power plant Energy Conversion and Management 171 1675-84

14. Usov S.V. Development of mathematical model of CCGT-200 at Syzranskaya TPP in the software package Thermolib / S.V. Usov, A.A. Kudinov // Teploenergetika. – 2016. – № 4. – P. 23–30.

15. Moshkarin, A.V. Estimation of performance of the powerful single-purpose steam-gas and steam-power units at partial loads / A.V. Moshkarin, Yu.V. Melnikov // Vestnik of IHEU – 2007. – Issue. 2. – P. 1–4

**УЧЕТ ДЕФЕКТОВ, НЕ ОБНАРУЖИВАЕМЫХ СРЕДСТВАМИ
ВНУТРИТРУБНОЙ ДИАГНОСТИКИ, В ПРОГНОЗИРОВАНИИ
ДОЛГОВЕЧНОСТИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

**ACCOUNTING FOR DEFECTS NOT DETECTED BY PIPELINE
DIAGNOSTICS IN PREDICTING DURABILITY AND ENSURING
RELIABILITY WHEN DESIGNING MAIN PIPELINES**

Шауро Илья Андреевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
shauroavi@gmail.com

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Китаев Александр Андреевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
kitaevsasha@gmail.com

Аннотация. В статье дан анализ требований нормативных документов, определяющих расчетный ресурс и срок эксплуатации трубопроводных систем, приведено обоснование минимальных размеров дефекта не обнаруживаемых средствами внутритрубной диагностики, даны исходные данные для определения расчетного срока эксплуатации трубопровода, а также приведены выводы по результатам расчетов.

Ключевые слова: внутритрубная диагностика, магистральный трубопровод, срок эксплуатации, дефектоскопия.

Shauro Ilya Andreevich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological University
shauroavi@gmail.com

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Kitaev Aleksandr Andreevich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological University
kitaevsasha@gmail.com

Annotation. The article analyzes the requirements of regulatory documents defining the estimated life and service life of pipeline systems, provides justification for the minimum defect sizes not detected by means of in-line diagnostics, provides initial data for determining the estimated service life of the pipeline, and also provides conclusions based on the results of calculations.

Keywords: in-line diagnostics, main pipeline, service life, flaw detection.

1 Анализ требований нормативных документов, определяющих расчетный ресурс и срок эксплуатации трубопроводных систем

Согласно определений, используемых в ГОСТ Р 58329-2018: «Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать в себя безотказность, ремонтпригодность, восстанавливаемость, долговечность, сохраняемость, готовность или определенные сочетания этих свойств».

В нормативных документах РФ используются термины: «текущий остаточный ресурс магистрального трубопровода», «назначенный срок службы»; «срок службы»; «расчетный срок эксплуатации»; «срок эксплуатации».

В документе ASME B31.4-2016 разделены понятия «расчетный срок службы (design life)» и «срок эксплуатации трубопроводной системы (life of the pipeline system)» в связи с тем, что правильно эксплуатируемая трубопроводная система может обеспечить транспортировку продукта на неопределенный срок.

При этом только отдельные российские нормативные документы содержат конкретные требования по срокам службы отдельных технических систем, обеспечивающих функционирование трубопроводов. В соответствии с ГОСТ Р 58362-20191: «Срок службы систем автоматизации и телемеханизации – не менее 10 лет» и согласно РД-91.020.00-КТН-170-17 срок эксплуатации системы ЭХЗ составляет 20 лет.

В случае, если требования по сроку службы не указаны в техническом задании на проектирование объекта трубопроводного транспорта, возникает необходимость при разработке проектной документации на линейный объект капитального строительства выполнить расчеты срока службы трубопровода.

Для этих целей может быть использована методика, приведенная в РД-23.040.00-КТН-011-16 с учетом требований п. 12 СП 36.13330.2012 и минимальных размеров дефекта, не обнаруживаемых средствами внутритрубной диагностики.

2 Обоснование минимальных размеров дефекта не обнаруживаемых средствами внутритрубной диагностики

В целях определения минимального размера дефекта проанализированы данные, АО «Транснефть – Дискан». Согласно сведений, приведенных в отчетах минимальные размеры обнаруженных дефектов имеют размеры: 0,3x7,0x21 мм (глубина, длина и ширина). Объектом исследования внутритрубной диагностики являются магистральный трубопровод, DN 700, длиной 63 км.

С учетом результатов, полученных после проведения диагностики с учетом статистических характеристик размеров дефектов, при определении расчетного срока службы трубопровода предлагается использовать следующий размер дефекта типа «риска»: 0,3x7,0x21 мм (глубина, длина и ширина). Увеличение размеров дефекта относительно минимально обнаруженных соответствует консервативным подходам к обеспечению надежности и идет в запас прочности трубопровода.

3 Исходные данные для определения расчетного срока эксплуатации трубопровода

При выполнении проверочных расчетов на циклическую долговечность трубной секции с дефектом были приняты следующие исходные данные по механическим характеристикам металла труб и уровню номинальных напряжений в стенке трубной секции, согласно таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные по механическим характеристикам металла труб и уровню номинальных напряжений в стенке трубной секции

Наименование показателя	Обозначение	Примечание
Максимальные значения кольцевых напряжений, МПа	$\sigma_{z \text{ ном}}$	Начальные значения по СП 36.13330.2012 из расчета, минимального радиуса упругого изгиба трубных секций с учетом внутреннего давления, увеличенного в 1,15 раза
Максимальные значения продольные напряжения, МПа	$\sigma_{\theta \text{ ном}}$	
Предел текучести, МПа	σ_T	Определено по рис. А.5 РД-23.040.00-КТН-011-16 при соответствующих значениях $\frac{\sigma_{02}}{\sigma_B}$ и σ_B
Коэффициент деформационного упрочнения	m	Определено по рис. А.4 РД-23.040.00-КТН-011-16 при $\frac{\sigma_{02}}{\sigma_B}$
Модуль упругости, МПа	E	Согласно СП 36.13330.2012.
Коэффициент Пуассона	ν	
Номинальная толщина стенки трубы, мм		Минимальная толщина стенки, принятая в проекте
Характерный размер металла, определяющий чувствительность материала к концентрации напряжений, мм	ρ	Определено по рис. А.8 РД-23.040.00-КТН-011-16 при соответствующих значениях ψ, KCV и σ_B
Разрушающая объёмная деформация	ε_{0c}	Определено по рис. А.8 РД-23.040.00-КТН-011-16 при соответствующих значениях k – модуля объёмного расширения, σ_B
Разрушающая интенсивность деформаций	ε_{ic}	Определено по рис. А.7 РД-23.040.00-КТН-011-16 при соответствующих значениях ψ
Показатель степени в уравнениях долговечности при циклическом нагружении	n_N	Согласно табл. А.2 РД-23.040.00-КТН-011-16
Коэффициент запаса по скорости роста усталостной трещины	$k_{V \text{ уст}}$	Согласно п. 5.3.3. РД-23.040.00-КТН-011-16

Определение циклической долговечности проводится в соответствии с методикой РД-23.040.00-КТН-011-16. Результатом расчетов является скорость роста усталостной трещины с исходными размерами в заданных условиях нагружения.

Значения размахов интенсивности деформаций $\Delta \varepsilon_i$ и объёмной деформации $\Delta \varepsilon_i$ определены, исходя из следующей модели циклического нагружения:

- в стенке трубопровода действуют постоянные не изменяющиеся во времени напряжения вызванные изгибом с минимальным радиусом изгиба, определенного на основе сведений, приведенных в докладе, представленном мною в 2019 г. на тему: «Обоснование радиусов упругого изгиба подземных трубопроводов на основе анализа предельных состояний с учётом деформационных критериев»;

- максимальное значение внутреннего давления составляет величину 1,15 от максимального рабочего давления, изменение рабочего давления в трубопроводе происходит от нуля до максимального значения с циклическостью 350 раз/год;

- максимальные (минимальные) температурные растягивающие напряжения рассчитываются исходя из максимально возможных температурных перепадов, изменения температурных напряжений от максимального до минимального значения происходит дважды в год.

В каждом цикле нагружения проводились проверки по критериям предельной прочности и предельной пластичности.

$$\Theta_u(\varepsilon_i, \varepsilon_0, \varphi_\varepsilon) = \frac{\varepsilon_i \cos \varphi_\varepsilon}{\varepsilon_{iu}} + \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_{0u}} \leq 1; \quad \Theta_c(\varepsilon_i, \varepsilon_0) = \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_{ic}} + \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_{0c}} \leq 1.$$

Расчеты напряжений и деформаций для схем бездефектной трубы, объёмного дефекта, поверхностной трещины, а также расчеты скорости роста усталостной трещины проводились последовательно от первого цикла нагружения до 10500 (что соответствует расчетному сроку эксплуатации 30 лет) с применением ЭВМ.

При необходимости, например, в расчетах скорректированной толщины стенки трубы и скорректированного внутреннего диаметра трубы, использовались итерационные циклы.

Расчеты выполнены на специально разработанном программном обеспечении, позволяющим автоматизировать процесс вычислений по зависимостям, приведенным в соответствующих нормативных документах, в которых указаны методики расчета для обоснования вывода о расчетном сроке эксплуатации трубопровода с учетом максимальных нагрузок.

4 Выводы по результатам расчетов

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о расчетном сроке эксплуатации трубопровода с учетом максимальных нагрузок, наименьших механических свойствах стали труб, при максимальных значениях размахов интенсивности деформаций и объемных деформаций с учетом прогнозируемой годовой цикличности 350 циклов в год при размерах дефекта не обнаруживаемых средствами внутритрубной диагностики.

Предлагаемая методика прошла опробование при обосновании принятых конструктивных решений в проектной документации по объекту трубопроводного транспорта нефти и внедрена в проектном институте ООО «СКИП», г. Краснодар. Соответствующие значения параметров, характеризующие 1 и 10500 циклы напряжений приведены в 4 и 5 колонках табл. 2. Проведенные расчеты показали, что для рассмотренного трубопровода обеспечивается расчётный срок эксплуатации магистрального трубопровода.

Литература:

1. Промышленная безопасность работ в нефтяной и газовой промышленности. Вопросы и ответы: учебное пособие для профессиональной подготовки и дополнительного образования по профессиям в нефтяной и газовой промышленности / Е.В. Пилавова [и др.]. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2010. – 116 с.

2. Шиян С.И. Предупреждение геозкологических последствий от аварий путем оперативного управления технологическими процессами в сложнопрофилированном трубопроводе: На примере морского участка трубопровода «Россия-Турция»: дис. ... канд. техн. наук – Краснодар, 2005. – URL : <https://www.dissercat.com/content/preduprezhdenie-geoekologicheskikh-posledstviy-ot-avarii-putem-operativnogo-upravleniya-tekhn>

3. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутрипромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.

4. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.

5. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.

6. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

7. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-

практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

8. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

9. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

10. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

11. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

12. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

13. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

14. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

15. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

16. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

17. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

Literature:

1. Industrial safety of work in the oil and gas industry. Questions and answers: a training manual for professional training and further education in the oil and gas industry / E.V. Pilavova [and others]. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2010. – 116 p.

2. Shiyani S.I. Prevention of geo-ecological consequences of accidents by operational control of technological processes in the complex-profile pipeline: by the example of the marine section of the pipeline «Russia-Turkey»: Cand. D. in Technical Sciences – Krasnodar, 2005. – URL : <https://www.dissercat.com/content/preduprezhdenie-geoekologicheskikh-posledstviy-ot-avarii-putem-operativnogo-upravleniya-tekh>

3. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products on Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyani [et al] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.

4. Analysis of actual modes of operation of producing wells in Kliuchevskoe field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.
5. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of downhole equipment used / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.
6. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.
7. Perfection of Hydrojet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.
8. Methods of enhanced oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of a field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.
9. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells at gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : the materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.
10. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.
11. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskie readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.
12. Development of hydro-jet method of oil recovery / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : the materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.
13. Analysis of the causes of hydrate formation during well operation in gas fields / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.
14. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.
15. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.
16. An application of the magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of the double-column wells / A.A. Slepsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.
17. Solution of the problem of the negative impact of mechanical impurities in the ESP unit by the example of the Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСТРУБНОГО ГИДРОБУРА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ ПРОБОК

THE USE OF A TUBELESS HYDRAULIC DRILL FOR REMOVING SAND PLUGS

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Шаблий Илья Игоревич

аспирант,
Кубанский государственный технологический университет
ilyashabliy0209@gmail.com

Аннотация. В процессе эксплуатации нефтяных скважин в стволе образуются песчаные пробки, которые в ряде случаев доходят до интервалов перфорации эксплуатационной колонны и приводят к снижению дебита, а в ряде случаев – к полному прекращению поступления жидкости из пласта. Особенно интенсивно процесс образования песчаных пробок происходит на месторождениях нефти, продуктивные горизонты которых представлены слабосцементированными песчаниками и глино-песчанистыми горными породами. Необходимость промывки песчаных пробок создаёт проблемы технического характера, связанные с необходимостью проведения монтажно-демонтажных работ, а также с необходимостью применения специального оборудования для промывки ствола скважины. Кроме этого, процесс образования пробок и последующие работы по их ликвидации приводят к снижению добычи нефти и снижают экономическую эффективность добычи нефти скважинными штанговыми насосами. Учитывая это, в статье рассмотрены методы разрушения и удаления скопившегося в скважине песка путём проведения прямой и обратной промывок и с применением беструбного гидробура.

Ключевые слова: причины возникновения песчаных пробок; способы удаления песчаных пробок; промывка скважин и удаление песчаных пробок; прямая промывка водой; обратная промывка водой; специальные способы промывки; применение беструбного гидробура.

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Shabliy Ilya Igorevich

Postgraduate Student,
Kuban state technological university
ilyashabliy0209@gmail.com

Annotation. During the operation of oil wells, sand plugs are formed in the wellbore, which in some cases reach the intervals of perforation of the production string and lead to a decrease

in production rate, and in some cases – to a complete cessation of the flow of fluid from the formation. The process of formation of sand plugs is especially intense in oil fields, the productive horizons of which are represented by weakly cemented sandstones and clay-sandy rocks. The need to flush sand plugs creates technical problems associated with the need for installation and dismantling works, as well as the need to use special equipment for flushing the wellbore. In addition, the process of plug formation and subsequent work on their elimination lead to a decrease in oil production and reduce the economic efficiency of oil production by sucker rod pumps. Taking this into account, the article discusses methods for the destruction and removal of sand accumulated in the well by conducting direct and reverse flushing and using a tubeless hydrodrill.

Keywords: causes of sand plugs; ways to remove sand plugs; flushing wells and removing sand plugs; direct rinsing with water; backwash with water; special flushing methods; use of a tubeless hydraulic drill.

Причины возникновения песчаных пробок

Процесс образования песчаных пробок происходит практически во всех нефтяных и газовых скважинах. Его интенсивность обусловлена свойствами продуктивного пласта и технологией эксплуатации.

Появление песка на забое может быть обусловлено несколькими факторами:

- оседанием частиц пласта, выносимых через перфорационные отверстия в эксплуатационной колонне во внутреннюю полость скважины;
- оседанием частиц после проведения операций с использованием гидрокоструйных перфораторов;
- оседанием частиц после проведения операций по гидроразрыву пласта;
- наличием песка, намывтого в полость скважины при создании искусственного забоя и т.д.

Способы удаления песчаных пробок. Промывка скважин и удаление песчаных пробок

Промывки используются в следующих случаях:

- для ликвидации парафинистых отложений или гидратных пробок в насосно-компрессорных трубах и нефтесборных коллекторах;
- при заклинивании насоса или подвески штанг в колонне НКТ;
- при снижении эффективности работы штангового глубинного насоса вследствие попадания песка и различных механических частиц под клапана насоса;
- при снижении эффективности работы ЭЦН вследствие засорения приёмной части насоса песком и различными механическими частицами.

Различают:

- 1) прямую промывку;
- 2) обратную промывку;
- 3) специальные способы промывки.

При *прямой промывке* промывочная жидкость закачивается в спущенные в скважину трубы, а подъём воды с размытым песком происходит по кольцевому пространству. В процессе промывки трубы находятся на весу и спускаются с той или иной скоростью в зависимости от плотности пробки и количества жидкости, необходимой для подъёма размытого песка на поверхность.

Обратная промывка отличается от прямой промывки тем, что промывочная жидкость поступает в кольцевое пространство, а подъём с размытым песком происходит по насосно-компрессорным трубам. Для герметизации устья скважины при обратной промывке обязательно применение специальной головки с резиновым манжетом-сальником, плотно охватывающим тело.

В качестве жидкости для промывки используют нефть, пластовую воду, специальные растворы или сеноман. При ликвидации парафинистых отложений или пробок нефть подогревают с помощью АДП.

Процесс промывки:

- Передвижные установки депарафинизации (АДП) допускается устанавливать с наветренной стороны на расстоянии не менее 25 м от устья скважины и не менее 10 м от другого оборудования, при этом кабины автомашин и прицепы ёмкостей должны быть обращены в сторону от устья скважины.

- Промывочный агрегат и автоцистерны следует располагать с наветренной стороны на расстоянии не менее 10 м от устья скважины. При этом кабина агрегата и автоцистерн должны быть обращены в сторону противоположную от устья скважины, выхлопные трубы агрегата и автоцистерн должны быть оборудованы искрогасителями, расстояние между ними должно быть не менее 1,5 м.

- К промывке скважин допускается обученный персонал после проверки знаний по ОТ и ТБ.

- Ответственным за проведение промывки является мастер или старший оператор по добыче нефти и газа.

- Территория, на которой устанавливаются агрегаты, должна быть расчищена и освобождена от посторонних предметов.

- Запрещается устанавливать агрегаты под силовыми и осветительными линиями, находящимися под напряжением.

- На насосе промывочного агрегата должен быть установлен манометр и предохранительное устройство для предотвращения разрыва насоса, напорной линии, шланга и запорной арматуры.

В зависимости от способа промывки производится сборка нагнетательных и выкидных линий. Рассмотрим основные схемы подключения промывочного оборудования.

Для проведения прямой промывки (рис. 1) на буферную задвижку скважины устанавливается лубрикатор. Лубрикатор должен быть опрессован на полуторакратное давление от ожидаемого. При проведении прямой промывки буферная, центральная, внутренняя затрубная и линейная задвижки открыты; трубная и внешняя затрубная закрыты.

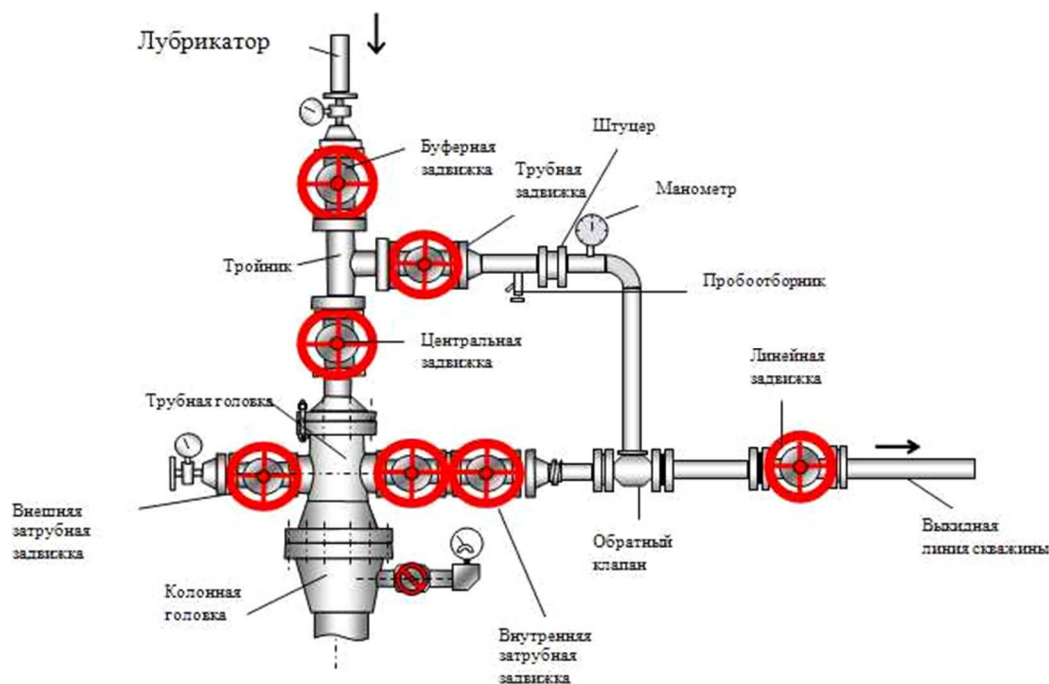


Рисунок 1 – Схема прямой промывки скважины

Если скважина оборудована ШГН, прямая промывка проводится в исключительных случаях. Схема промывки несколько отличается от представленной выше (отсутствует лубрикатор).

Обратная промывка (рис. 2) производится через патрубок, присоединённый к внешней затрубной задвижке. При проведении обратной промывки внешняя затрубная, центральная, трубная и линейная задвижки открыты; внутренняя затрубная и буферная задвижки закрыты.

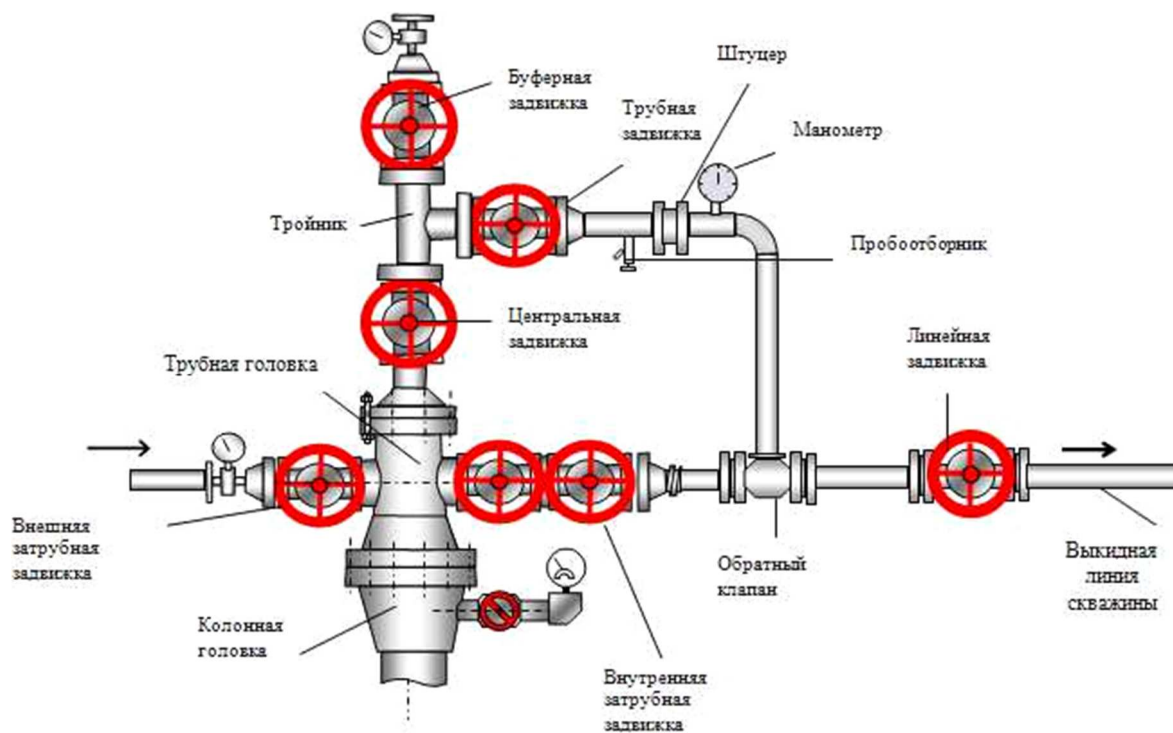


Рисунок 2 – Схема обратной промывки скважины

При проведении промывки нефтесборных коллекторов подключение к ним производится через специальный патрубок на обвязке скважины, замерную установку или гребенку задвижек на линии нефтепровода.

Перед началом промывки необходимо:

- Проверить наличие и исправность манометра и предохранительного устройства предотвращения разрыва насоса, нагнетательной линии, шланга и запорной арматуры. Выкид от предохранительного устройства должен быть направлен под пол агрегата и укреплен.
- Систему промывочного агрегата и промывочную линию до устья скважины следует опрессовать на полторакратное давление от ожидаемого. При этом все рабочие должны быть удалены в безопасное место.
- Проверить на всех задвижках промывочного оборудования наличие надписей с указанием направления открытия или закрытия задвижки.
- Проверить исправность всех задвижек, фланцевых соединений фонтанной арматуры и ГЗУ, включая обратный клапан в ГЗУ, наличие потока жидкости по выкидной линии от скважины до замерной установки и при его отсутствии работы на скважине прекратить до выяснения и устранения причин, убедиться, что нефтесборный коллектор не заморожен. В зимнее время для обогрева задвижек, фонтанной арматуры и трубопроводов используется ППУ.
- Для контроля за давлением на скважине и промываемом трубопроводе установить манометры.

Проведение промывки

- После опрессовки промывочной линии (при герметичности системы) необходимо открыть рабочую задвижку на фонтанной арматуре. Вызвать циркуляцию на малой скорости, убедившись, что параметры (давление на нагнетательной линии, расход выходящей жидкости) промывки соответствуют расчётным, постепенно довести подачу насоса до плановой. При отсутствии циркуляции необходимо проверить, все ли задвижки согласно выбранной схемы открыты и исправны. В зимнее время следует убедиться в наличии прохода жидкости через фонтанную арматуру и выкидную линию скважины или нефтесборный коллектор. Если все неполадки устранены, но циркуляция не восстановлена, необходимо сменить схему промывки.

- Промывка скважины разрешается только в светлое время суток. В исключительных случаях при работе в ночное время должна быть обеспечена освещённость рабочих мест в соответствии с установленными нормами.

- При промывке скважины и трубопроводов надо знать максимальное рабочее давление, допускаемое для данного типа оборудования и не превышать его.

- Объём промывочной жидкости и схема промывки определяются технологом ЦДНГ. Замер объёма промывочной жидкости производится при заправке АЦН. При использовании дополнительной доливной ёмкости объём промывочной жидкости определяется при помощи уровнемера и градуировочной шкалы. Ёмкость должна быть чистая, без шлама и льда.

- При промывке выкидного трубопровода находится на расстоянии менее 10 м от трубопровода и устья скважины ЗАПРЕЩАЕТСЯ.

- В процессе промывки скважины запрещается крепление каких-либо узлов агрегата или обвязки устья скважины и трубопровода. В процессе глушения необходимо вести наблюдение за показаниями манометров, за линией обвязки, за местонахождением людей.

- При промывке пробки промывочную жидкость следует отводить в промышленную канализацию или в амбар.

- Персонал бригады должен находиться в безопасной зоне и следить за процессом промывки, в случае обнаружения отклонений от процесса дать сигнал руководителю работ.

- Промывка ЭЦН производится в присутствии представителя организации, представляющей ЭПУ.

- Во время промывки нефтью на установке депарафинизации должен находиться исправный огнетушитель.

Заключительные работы после промывки

- Разборку промывочной линии следует начинать только после снижения давления в линии нагнетания до атмосферного. При этом задвижку фонтанной арматуры со стороны нагнетания надо закрыть.

- Разборку промывочной линии после проведения депарафинизации с помощью АДП следует проводить, убедившись, что температура нагрева разбираемого оборудования и приспособлений безопасна для здоровья человека.

- При проведении разборки трубопроводов под разбираемые соединения устанавливаются специальные поддоны для сбора нефти.

- В случае загрязнения окружающей среды необходимо немедленно принять меры по устранению загрязнения.

- После окончания промывки в случае положительного результата скважина или нефтепровод запускаются в работу.

Применение беструбного гидробура 2 ГБ-90 с целью удаления песчаных пробок

Песчаные пробки удаляют чистой ствола желонкой или промывкой скважины. Чистка скважины – длительный и трудоёмкий процесс, вызывающий к тому же сильный износ оборудования скважины. Её применяют лишь на неглубоких скважинах при небольшой мощности пробок. Для чистки используют желонки различных типов: про-

стые, поршневые и автоматические. Желонку спускают на канате в скважину, и когда от желонки до пробки остаётся несколько метров, отпускают тормоз лебёдки. Под действием собственного веса желонка падает вниз и с силой ударяется о пробку. При ударе клапан желонки открывается, и некоторое количество песка попадает в желонку. Для лучшего заполнения желонки её несколько раз приподнимают и ударяют о пробку, после чего желонку извлекают на поверхность для очистки.

Нами предлагается для разбуривания песчаных пробок применить беструбный гидробур, который спускают в скважину на стальном канате. Гидробур (рис. 3) состоит из основных узлов: долото 1 ударного типа, служащего для разрушения пробки; желонки 2, в которой собирается песок, плунжерного насоса 3, создающего циркуляцию жидкости в призабойной зоне, и гидроциклона.

Принцип действия гидробура следующий: после падения инструмента 4 под действием собственного веса и инерции при ударе движется вниз, вытесняя жидкость из корпуса 5 через отверстия бокового плоского клапана 6. При подъёме инструмента над забоем (рис. 3) вначале выдвигается плунжер, происходит всасывание жидкости из корпуса желонки 7 через шариковый клапан 8. Одновременно с этим в желонку через центральную трубку 9 всасывается жидкость с забоя из-под долота 10. Жидкость, поднимаемая с забоя, увлекает с собой частицы песка, которые после выхода из центральной трубки вследствие резкого падения скорости потока гидроциклона оседают на дне желонки. После нескольких ударов по забою желонка заполняется песком. При разгрузке гидробура долото снимается и через образовавшееся отверстие песок выходит из желонки. После окончания разбуривания для удаления из скважины взмученной жидкости к гидробуру вместо долота присоединяют обратный клапан, и инструмент работает как обычная пневматическая желонка.

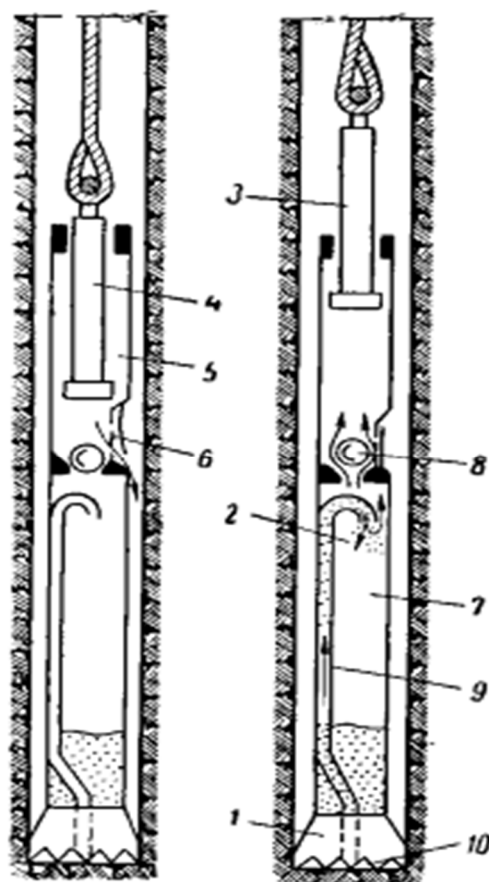


Рисунок 3 – Беструбный гидробур 2 ГБ-90: 1 – долото; 2 – желонка; 3 – плунжерный насос; 4 – плунжер; 5 – корпус насоса; 6 – боковой клапан; 7 – корпус желонки; 8 – шариковый клапан; 9 – центральная труба

Техническая характеристика гидробура:

Общая длина, м	9,8
Наружный диаметр, мм	90
Максимальная проходка за один рейс в 168-мм колонке, м	1,5
Полезная ёмкость желонки, л	25
Диаметр плунжера, мм	88
Длина хода плунжерного насоса, м	1,2
Теоретический объём плунжера, л	3,17
Диаметр тартального каната, мм	15,5

Литература:

1. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин: в 4 томах. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012–2015. – Т. 1–4.
2. Булатов А.И., Савенок О.В. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин»: в 4 томах: учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013–2014. – Т. 1–4.
3. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
4. Разработка физико-химических моделей и методов прогнозирования состояния пород-коллекторов / Д.А. Березовский [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 9. – С. 84–86.
5. Березовский Д.А., Савенок О.В. Удаление песчаных пробок из скважин на примере ООО «Газпром добыча Краснодар» // Сборник публикаций мультидисциплинарного научного журнала «Архивариус» по материалам XIV Международной научно-практической конференции «Наука в современном мире» (20 ноября 2016 года, г. Киев). – К. : мультидисциплинарный научный журнал «Архивариус», 2016. – Часть 1. – С. 5–10.
6. Березовский Д.А., Савенок О.В. Очистка обсаженного ствола скважины от песчаных пробок с помощью беструбных гидробуров // «Новая наука: от идеи к результату»: Международное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции (22 ноября 2016 года, г. Сургут) / в 4 ч. – Стерлитамак : АМИ, 2016. – Часть 4. – С. 34–42.
7. Березовский Д.А., Савенок О.В. Использование колтубинговых технологий при очистке от песка забоя скважины // Сборник статей международной исследовательской организации «Cognitio» по материалам XVI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки XXI века» (30 ноября 2016 года, г. Москва). – М. : Международная исследовательская организация «Cognitio», 2016. – Часть 1. – С. 74–80.
8. Технология проведения очистки скважин от песчаной пробки при проведении КРС на примере Конитлорского нефтяного месторождения / Д.А. Березовский [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2016. – № 4. – С. 104–119.
9. Березовский Д.А., Яковлев А.Л., Савенок О.В. Технология промывки песчаных пробок на скважинах Фёдоровского месторождения // Ежемесячный научный журнал «Evolutio. Технические и прикладные науки. Отрасли экономики». – М. : Научно-Образовательное Содружество «Evolutio», 2016. – № 7/2016. – С. 4–13.
10. Березовский Д.А., Яковлев А.Л. Технология промывки песчаных пробок на скважинах Кульсаринского месторождения // Сборник публикаций научного журнала «Globus» по материалам XXIV Международной научно-практической конференции «Достижения и проблемы современной науки» (04 октября 2017 года, г. Санкт-Петербург). – Санкт-Петербург : Научный журнал «Globus», 2017. – 1 часть. – С. 5–19.
11. Березовский Д.А., Кусов Г.В. Анализ эффективности подземного ремонта скважин на Советском нефтяном месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 4. – С. 125–140.

12. Сухин А.А., Шиян С.И. Анализ методов борьбы с гидратами на Астраханском газоконденсатном месторождении // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 383–392.
13. Батыров М.И., Шиян С.И. Поинтервальная оценка качества цементирования обсадных колонн в скважинах и боковых стволах скважин в пределах каменной площади Красноленинского нефтяного месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 1. – С. 60–72.
14. Антонов Е.Н., Шиян С.И. Техника и технология проведения гидравлического разрыва пласта на скважинах Самотлорского месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 48–57.
15. Антонов Е.Н., Шиян С.И., Шаблий И.И. Анализ эффективности проведения ГРП на объекте АВ11-2 Самотлорского месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 55–72.
16. Шапков Е.Н., Шиян С.И., Чуприна Н.Э. Анализ текущего состояния и перспективы доработки Полевого нефтяного месторождения // Наука. Новое поколение. Успех. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 222–235.
17. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутривнепромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3-х т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.
18. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.
19. Шиян С.И., Чуприна Н.Э. Техничко-экономическое обоснование применения технологии резки и бурения бокового ствола из бездействующей скважины // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 291–301.

Literature:

1. Bulatov A.I., Savenok O.V. Capital underground repair of oil and gas wells: in 4 volumes. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2012–2015. – V. 1–4.
2. Bulatov A.I., Savenok O.V. Workshop on the discipline of «Oil and Gas Wells» : in 4 volumes: a training manual. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2013–2014. – V. 1–4.
3. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremichuk R.S. Scientific bases and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.
4. Development of physical and chemical models and methods of forecasting the state of reservoir rocks / D.A. Berezovsky [et al.] // Neftyanoye obrazovanie. – 2014. – № 9. – P. 84–86.
5. Berezovsky D.A., Savenok O.V. Removal of sand plugs from wells by the example of LLC «Gazprom dobycha Krasnodar» // Collection of publications of multidisciplinary scientific journal «Archivarius» on materials of the XIV International Scientific and Practical Conference «Science in the modern world» (November 20, 2016, Kyev). – K. : Multidisciplinary scientific journal «Archivarius», 2016. – Part 1. – P. 5–10.
6. Berezovsky D.A., Savenok O.V. Cleaning of the cased wellbore from sand plugs with the help of no-frills hydraulic drills // «New Science: from idea to result» : International periodical on the results of the International scientific and practical conference (November 22, 2016, Surgut) / in 4 p. – Sterlitamak : AMI, 2016. – Part 4. – P. 34–42.
7. Berezovsky D.A., Savenok O.V. The use of coiled tubing technologies in cleaning from sand of the bottomhole // Collection of articles of the international research organization

«Cognitio» on the materials of the XVI International Scientific Conference «Actual problems of science of the XXI century» (November 30, 2016, Moscow). – M. : International research organization «Cognitio», 2016. – Part 1. – P. 74–80.

8. Technology of cleaning wells from sand plugs during well casing by the example of Konitlorskoe oil field / D.A. Berezovsky [and others] // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2016. – № 4. – P. 104–119.

9. Berezovsky D.A., Yakovlev A.L., Savenok O.V. Technology of washing sand plugs in the wells of the Fedorovsky field // Monthly Scientific Journal «Evolutio. Technical and applied sciences. Sectors of Economics». – M. : Evolutio Scientific and Educational Commonwealth, 2016. – № 7/2016. – P. 4–13.

10. Berezovsky D.A., Yakovlev A.L. Washing technology of sand plugs in the wells of Kulsarinskoye field // Collection of publications of the scientific journal «Globus» on the materials of the XXIV International Scientific and Practical Conference «Achievements and problems of modern science» (04 October 2017, St. Petersburg). – St. Petersburg : Scientific journal «Globus», 2017. – 1 part. – P. 5–19.

11. Berezovsky D.A., Kusov G.V. Analysis of the effectiveness of underground repair of wells in the Soviet oil field // Science. Engineering. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2017. – № 4. – P. 125–140.

12. Sukhin A.A., Shiyan S.I. Analysis of methods to combat hydrates in the Astrakhan gas condensate field // Bulatov Readings. – 2020. – V. 2. – P. 383–392.

13. Batyrov M.I., Shiyan S.I. Interval estimation of the quality of casing string cementing in wells and lateral wellbores within the stone area of the Krasnoleninsk oil field // Bulatov readings. – 2020. – V. 1. – P. 60–72.

14. Antonov E.N., Shiyan S.I. Technique and technology of hydraulic fracturing in wells of the Samotlor field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 48–57.

15. Antonov E.N., Shiyan S.I., Shabliy I.I. Analysis of the effectiveness of hydraulic fracturing at the object AB11-2 of the Samotlor field // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 55–72.

16. Shapkov E.N., Shiyan S.I., Chuprina N.E. Analysis of the current state and prospects of pre-development of the Field oil field // Nauka. New generation. Success. Materials of the International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 222–235.

17. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products on Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyan [et al] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.

18. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoye field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.

19. Shiyan S.I., Chuprina N.E. Feasibility Study of Technology of sidetracking and drilling from an idle well // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 1. – P. 291–301.

ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С МЕХАНИЧЕСКИМИ ПРИМЕСЯМИ НА ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИНАХ

CHEMICAL METHODS OF CONTROL OF MECHANICAL CONTAMINANTS IN PRODUCTION WELLS

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Корсак Максим Витальевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
nstmax@bk.ru

Муравлева Мария Васильевна

аспирантка направления подготовки 05.06.01 «Науки о земле»,
Кубанский государственный технологический университет
masha.murawlewa@gmail.com

Джалло Фатмата

студентка направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
fatmataajalloh8@gmail.com

Саркисян Эдуард Валерьевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
eduardarsarkisyan2304@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные методы борьбы с механическими примесями на добывающих скважинах. Также приведена актуальная статистика компонентов, входящих в состав отложений. Детально, с опорой на опыт эксплуатации скважин, изложено описание самого актуального на сегодняшний момент метода борьбы с механическими примесями – применение ингибиторов солеотложения, описаны достоинства и недостатки данного подхода.

Ключевые слова: механические примеси, сульфид железа, ЭЦН, ингибиторы солеотложения, полимерные рабочие органы, солеотложение, обводненно – солевые фонды, НКТ, отложения.

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Korsak Maxim Vitalievich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
 Institute of Oil, Gas and Energy,
 Kuban state technological university
 nstmax@bk.ru

Muravleva Maria Vasilievna

Postgraduate student training direction 05.06.01 «Earth sciences»,
 Kuban state technological University
 masha.murawlewa@gmail.com

Jalloh Fatima

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
 Institute of Oil, Gas and Energy,
 Kuban state technological university
 fatmatajalloh8@gmail.com

Sarkisyan Eduard Valeryevich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
 Institute of Oil, Gas and Energy,
 Kuban state technological university
 eduardarkisyan2304@gmail.com

Annotation. This article discusses the main methods of dealing with mechanical impurities in production wells. It also provides up-to-date statistics of the components that make up the deposits. In detail, based on the experience of well operation, a description of the most relevant method of dealing with mechanical impurities at the moment – the use of scale inhibitors, is described, the advantages and disadvantages of this approach are described.

Keywords: mechanical impurities, iron sulphide, ESP, scale inhibitors, polymer working bodies, scale deposition, watered – salt pools, tubing, sediments.

Основную долю механических примесей составляют сульфид железа, гипсы и кальциты, а затем уже следуют хлориды различных металлов. Для упрощения все данные сведены в приведенную таблицу 1.

Таблица 1 – Компонентный состав отложений в насосно компрессорных трубах, в % для ОАО «Удмуртнефть»

Скважина	Нефтепродукты	H ₂ O	FeS+Fe ₂ O ₃	CaSO ₄	NaCl	CaCO ₃
№ 2295 Верх подвески	8,5	26,8	33,7	1,7	2,1	14,2
№ 2295 Низ подвески	34,9	15,7	33,8	7,9	2,0	5,7
№ 2292	4,7	22,9	52,6	13,7	–	6,1

Несмотря на рыхлость массы, сульфид железа играет отрицательную роль в работе оборудования, засоряя рабочие органы ЭЦН, клапанные клетки ШГН и фильтры насосов. В выкидных линиях и распределительных водоводах системы нагнетания сточной воды образуются осадки, под которыми размножаются сульфато-восстанавливающие и теоновые бактерии, корродирующие металл (рис. 1).

Основным методом борьбы с механическими примесями на сегодняшний день для нефтяных компаний является применение ингибиторов солеотложения. Ингибирование производится следующими способами:

- задавкой ингибитора в пласт;
- подачей ингибитора в затрубное пространство через устьевые дозаторы;
- подачей ингибитора через специальные трубки на прием насоса;
- путем подвешивания под ПЭД контейнера с твердым ингибитором.

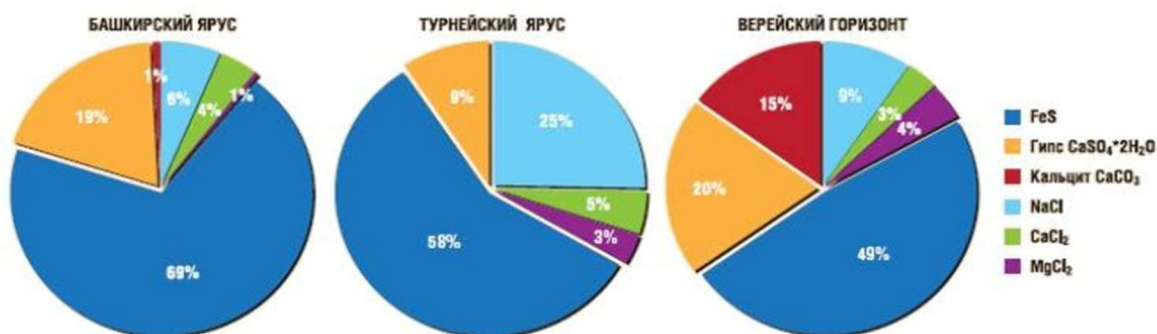


Рисунок 1 – Анализ механических примесей в узлах глубинно – насосного оборудования ООО «Удмуртнефть»

Имеется и ряд существенных недостатков, которые не дают широко развиваться данному методу, главный из которых состоит в том, что ингибиторы солеотложения представляют кислотные растворы и тем самым способствуют развитию коррозионных процессов.

Например, опыт поставок предприятиям полимерных рабочих органов (рабочих колёс (РК), направляющих аппаратов (НА), втулок, шайб) почти во все нефтяные компании России, для ремонтных фондов ЭЦН показал, что применение полимерных рабочих колёс дает ощутимое увеличение наработки на отказ при их использовании в обводненно-солевых фондах по сравнению с металлическими аналогами.

Результаты эксплуатации ЭЦН с полимерными рабочими органами в ОАО «Сургутнефтегаз» показали, что сравнение по наработкам на отказ ремонтного фонда ЭЦН коррозионно-износостойкого исполнения из нирезиста с ЭЦН со ступенями двухпорной конструкции с РК из жидкокристаллического полимера (ЖКП) и НА из высокопрочного чугуна производства «Ижнефтепласт» при работе в большей степени в обводненно-солевом фонде скважин составило 100 сут.

По фонду ОАО «Самаранефтегаз» осложнено механическими примесями 225 скважин (при этом необразивными механическими примесями осложнено 60 % от указанного фонда). 358 скважин осложнено АСПО, 128 скважин – солеотложениями. На указанном фонде в период с 2010 по 2011 гг. было внедрено 156 УЭЦН с рабочими органами ЖКП.

В настоящий момент ЭЦН данного исполнения поставляются на тендерной основе в ПАО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь», «ЛУКОЙЛ-Коми», «ЛУКОЙЛ-Пермь», кроме того, с рабочими ступенями «Ижнефтепласт» ОАО «Алнас» производит тендерные поставки УЭЦН в ОАО «Самаранефтегаз».

Несмотря на достоинства ЭЦН с полимерными рабочими органами по показателю «наработка на отказ» в обводненно-солевом фонде скважин по сравнению с существующими металлическими аналогами, нефтяные компании применяют полимерные рабочие органы в основном только для ремонта ЭЦН.

Основная проблема в том, что в компаниях по существующим классификаторам оборудования отсутствует понятие осложняющий фактор «солеотложение», следовательно, и требования к конструктивному исполнению ЭЦН.

При закачке воды с большим содержанием свободного железа в пласт, где содержится сероводород H_2S , создаются благоприятные условия для образования сульфида железа.

С целью увеличения эффективности освоения скважин ООО «Удмуртнефть» применяется метод локально-циклической депрессии, основанный на увеличении депрессии при свабировании за счет установки пакера над интервалом перфорации.

В связи с образованием в используемой для технологических операций подтоварной воде сульфидов и оксидов железа проводится периодическая очистка емкостного парка пунктов набора подтоварной воды, что при среднем значении КВЧ в подтовар-

ной воде 200 мг/л существенно снижает степень загрязнения ГНО механическими примесями из внешнего источника. Кроме того, спецтехника комплектуется фильтрами, также снижающими поступление механических примесей в скважину. Проводится также скребкование эксплуатационной колонны в зоне отложения солей и коррозионной зоне с последующим ингибированием.

Литература:

1. Кусов Г.В., Савенок О.В. Методы борьбы с АСПО на месторождениях ООО «РН – Краснодарнефтегаз» на примере Успенского и Горячеключевского участков // Строительство и ремонт скважин – 2010 : Сборник докладов Международной научно-практической конференции (27 сентября – 02 октября 2010 года, Геленджик, Краснодарский край) / ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо». – Краснодар : ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо», 2010. – С. 147–150.

2. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для студентов вузов / А.И. Булатов [и др.]. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.

3. Омельченко Н.Н., Савенок О.В., Иолчуев А.М. Предупреждение и ликвидация отложений солей при добыче нефти на Ключевом месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 4. – С. 27–52.

4. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.

5. Сухин А.А., Шиян С.И. Анализ методов борьбы с гидратами на Астраханском газоконденсатном месторождении // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 383–392.

6. Техника и технология восстановления продуктивности скважины № 1273 Уренгойского месторождения путём зарезки бокового ствола / Е.А. Холопов [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 248–266.

7. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.

8. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутрипромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.

9. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.

10. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

11. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

12. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

13. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.

14. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

15. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

16. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

17. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

18. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

19. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – С. 280–287.

20. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – С. 273–280.

21. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

22. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

Literature:

1. Kusov G.V., Savenok O.V. Methods of ARPD control in the fields of RN-Krasnodarneftegaz on the example of Uspenskoye and Goryacheklyuchevskoye areas // Well construction and repair – 2010 : Collection of reports of the International scientific-practical conference (September 27 – October 02, 2010, Gelendzhik, Krasnodar region) / «Research-and-production firm «Nitpo» Ltd. – Krasnodar : LLC Research and Production Firm «Nitpo», 2010. –P. 147–150.

2. Ecology in construction of oil and gas wells: textbook for students of higher education institutions / A.I. Bulatov [and others]. – Krasnodar : LLC Prosveshchenie-Yug, 2011. – 603 p.

3. Omelchenko N.N., Savenok O.V., Iolchuev A.M. Prevention and elimination of salt deposits during oil production in the Klyuchevoye field // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2018. – № 4. – P. 27–52.

4. Gutsu A.S., Shiyan S.I. Analysis of the current state and prospects for the development of Lebedinsky gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.
5. Sukhin A.A., Shiyan S.I. Analysis of methods of hydrates control at Astrakhanskoye gas condensate field // Bulatov's readings. – 2020. – V. 2. – P. 383–392.
6. Technique and technology of restoration of productivity of the well № 1273 of Urengoyeskoe field by sidetracking / E.A. Kholopov [et al.] // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 248–266.
7. Shiyan S.I., Muntian V.S. Prospects for the development of the North-Tarasovskoye oil field with the use of energy- and resource-saving technologies // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 289–299.
8. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of products at Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.
9. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoye field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.
10. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.
11. Improving the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.
12. Methods of enhanced oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of the field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.
13. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of the used downhole equipment / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House-Yug, 2020. – V. 3. – C. 258-265.
14. The use of the magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of the wells of two-column structure / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.
15. The solution of the problem of the negative effect of mechanical impurities in the ESP installations on the example of the Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.
16. Development of hydro-jet method of oil extraction / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.
17. Analysis of the causes of hydrate formation during well operation in gas fields / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.
18. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells in a gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.

19. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made deposits by example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of international conference. – Ukhta, 2021. – P. 280–287.

20. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskie readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – P. 273–280.

21. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in the field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.

22. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.

ДВУХНАСОСНЫЕ СИСТЕМЫ ОДНОВРЕМЕННО-РАЗДЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

TWO-PUMP SYSTEMS FOR SIMULTANEOUS-SEPARATE OPERATION OF OIL WELLS

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Нечаев Сергей Романович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
annoonelove@mail.ru

Бороденко Артем Александрович

студент направления подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
artem.borodenko98@mail.ru

Нишнианидзе Сандро Ираклиевич

студент направления подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
nishnianidze.sandro@mail.ru

Степанец Игорь Витальевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
steeeoanets@icloud.com

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные схемы двухнасосных систем одновременно-раздельной эксплуатации нефтяных скважин. Приведены сведения об их принципе работы и опыте эксплуатации.

Ключевые слова: одновременно-раздельная эксплуатация, принцип работы, двухнасосные системы одновременно-раздельной эксплуатации, опытно-промышленные испытания.

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil and gas field equipment,
Kuban state technological university
akngs@mail.ru

Nechaev Sergei Romanovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
annoonelove@mail.ru

Borodenko Artem Alexandrovich

Student training direction 21.04.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
artem.borodenko98@nail.ru

Nishnianidze Sandro Iraklievich

Student training direction 21.04.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
nishnianidze.sandro@mail.ru

Stepanets Igor Vitalievich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
steeeoanets@icloud.com

Annotation. This article discusses the basic schemes of two-pump systems for simultaneous-separate operation of oil wells. Information about their principle of operation and operating experience is given.

Keywords: simultaneous-separate operation, principle of operation, two-pump systems of simultaneous-separate operation, pilot tests.

Двухнасосные системы одновременно-раздельной эксплуатации (ОРЭ) условно можно разделить на однолифтовые и двухлифтовые, расположенные параллельно или концентрически (рис. 1). Подобные системы обладают рядом преимуществ:

- полное соблюдение законодательства;
- дифференцированная депрессия по пластам;
- отдельный учет продукции.

Основными недостатками принято считать среднюю наработку на отказ, которая обычно гораздо ниже текущей наработки остального механизированного фонда, и сложность ремонта скважин.

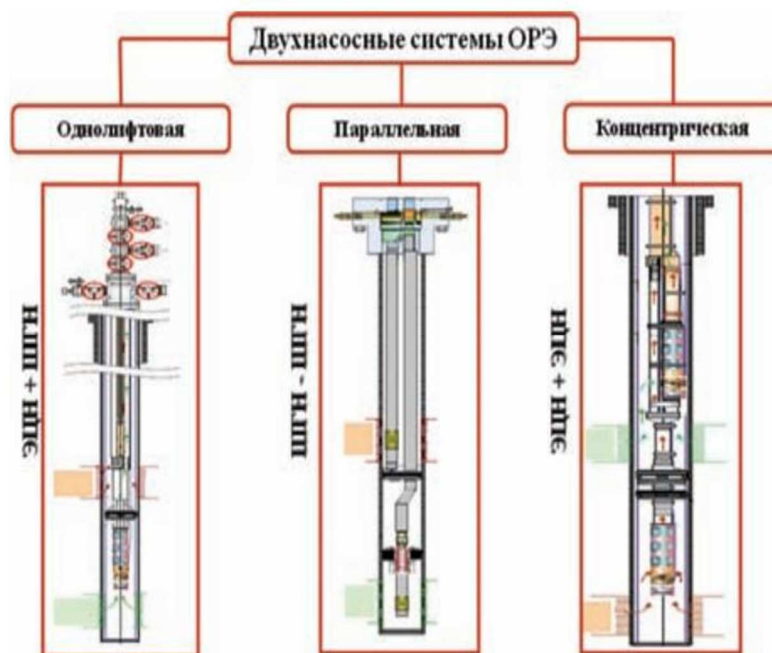


Рисунок 1 – Двухнасосные системы одновременно-раздельной эксплуатации

Однолифтовая установка ОРЭ для ШГН работает следующим образом: пласты разделены пакером, насос разделен на две части, к насосу сбоку существует добавлен дополнительный всасывающий клапан (рис. 2). При движении плунжера вверх продукция сначала поступает из нижнего пласта (по левой схеме). Затем, когда плунжер проходит боковой клапан, начинает поступать продукция верхнего пласта. Так происходит, если забойное давление у верхнего пласта больше, чем у нижнего, – это заставляет клапан закрываться. Если по условиям эксплуатации забойное давление у верхнего пласта ниже, то боковой клапан соединяется с нижним пластом, а верхний – с основным всасывающим клапаном.

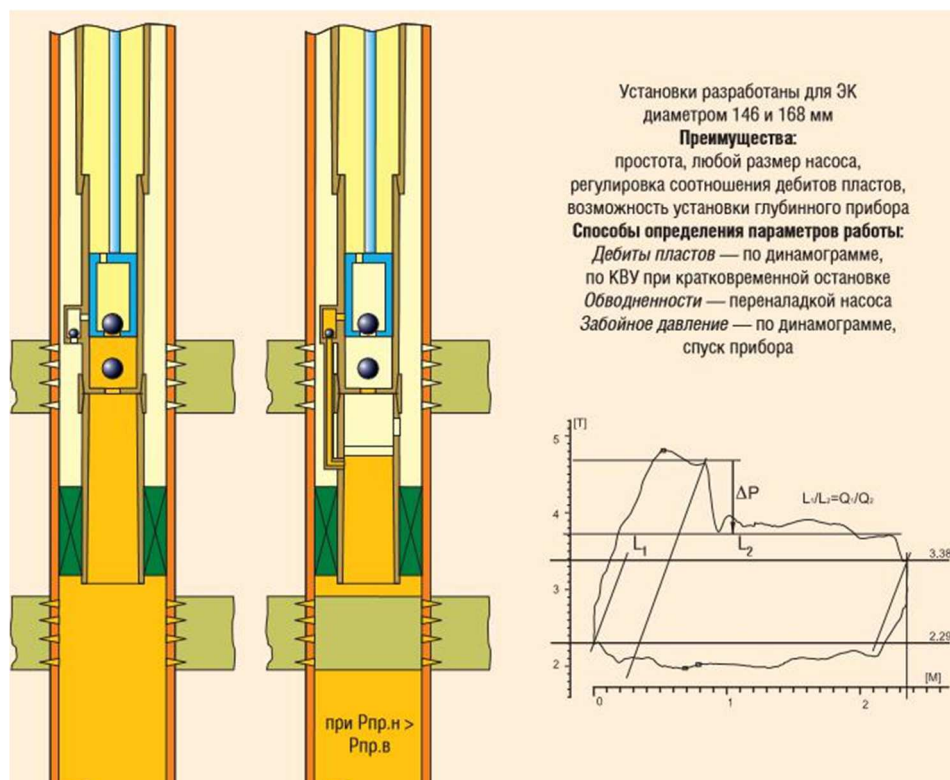


Рисунок 2 – Однолифтовая установка для одновременно-раздельной эксплуатации

К сожалению, однолифтовая схема не позволяет повышения напрямую определить ни один из параметров пласта: ни обводненность, ни дебит, ни забойное давление. Тем не менее, забойное давление верхнего пласта можно определять по динамическому уровню. В свою очередь, давление нижнего пласта определяется по ступеньке на динамограмме по разнице нагрузок.

Эта же ступенька позволяет определять и дебиты пластов. Соотношение дебитов легко регулируется положением плунжера относительно бокового клапана. Если приподнять его повыше, то будет отбираться больше из верхнего пласта. Если опустить плунжер ниже, то, наоборот, из нижнего пласта будет отбираться больше, чем из верхнего. Это позволяет привести установку в заданный режим эксплуатации. Общий дебит регулируется в обычном порядке: частотой качания или длиной хода.

Однолифтовая установка для ЭЦН и ШГН представлена на рисунке 3. На погружной электродвигатель сделан кожух, он замыкается на входном узле центробежного насоса. Такая конструкция не оставляет места для скопления газов. Если весь насос поместить в кожух, то зоны выше входного узла скапливается газ, и возможна потеря подачи насоса. Здесь газ сразу пролетает через входное устройство и уходит на поверхность. Продукция нижнего пласта через кожух попадает во входной узел и через насос (эта часть установки называется коллектором) проходит в колонну НКТ.

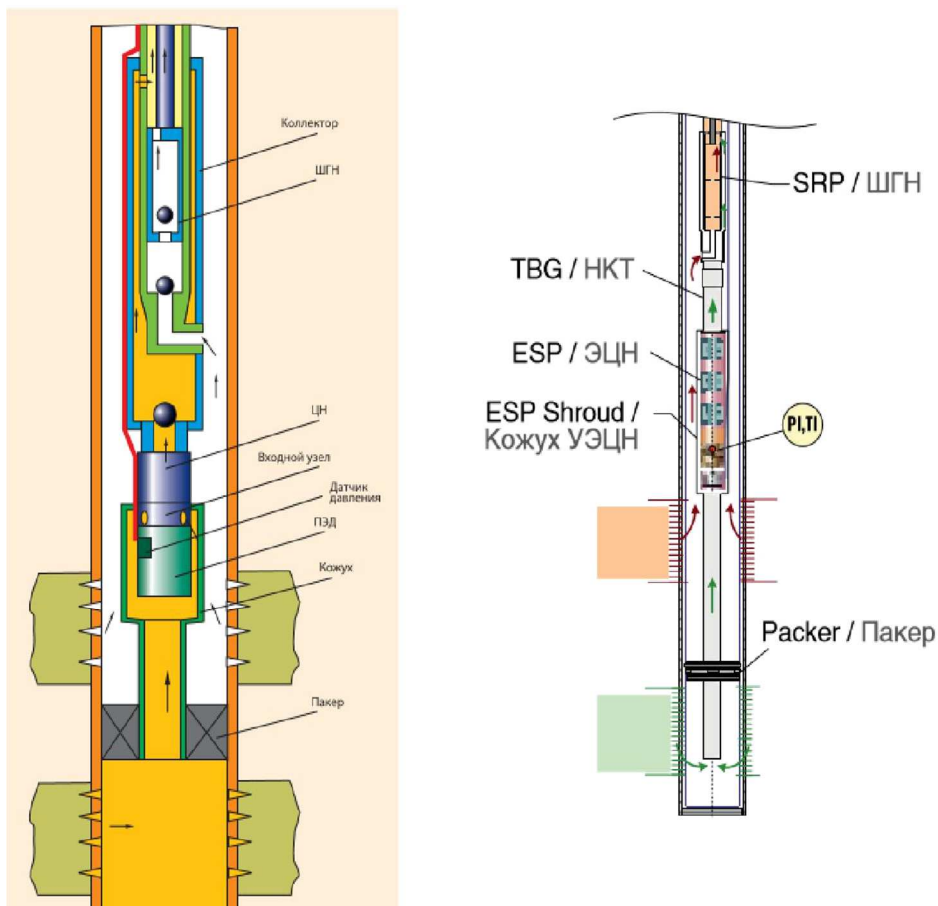


Рисунок 3 – Установка для одновременно-раздельной эксплуатации с электропогружным насосом и установкой штангового глубинного насоса

Продукция верхнего пласта добывается штанговым насосом. В данной схеме продукция системы смешивается, но это не препятствует получению всей необходимой информации. ТМС (термоманометрическая система), которой оснащен двигатель, позволяет замерять забойное давление у нижнего пласта. Забойное давление у верхнего пласта рассчитывается по уровню, а дебит и обводненность продукции определяются остановкой одного из насосов.

Если продукция пластов не допускает смешения, то внедряется схема с отдельным подъемом (рис. 4). В данном случае продукция верхнего пласта поднимается по полым штангам. Это те случаи, когда нижний пласт девонский, а верхний пласт – карбонатный, с сероводородом. Чтобы не смешивать продукцию каждого из пластов, она поднимается и транспортируется отдельно.

На месторождениях ТНК-ВР тестируются системы ОРД с разделением пластов с двумя способами механизированной добычи – «Установка штангового глубинного насоса (УШГН) + УЭЦН» (рис 3). Данная схема внедрялась в ОАО «ТНК-Нижневартовск», в ОАО «Оренбургнефть» и ООО «Бугурусланнефть» (МРП 268 суток). ОПИ схемы «УЭЦН + УЭЦН» проводился на объектах ОАО «ТНКНижневартовск». Применяемые сегодня двухлифтовые установки – это реализация действующей еще с 1950-х годов схемы. Схема включает в себя двуствольную арматуру, пакеры, разделяющие пласты, параллельный якорь, который связывает между собой две колонны, и два штанговых насоса с приводами (рис. 5). Сначала установки оснащали обычными станками-качалками, потом появились скважины с цепными приводами.

Двухлифтовая схема хороша тем, что она дает полную информацию по дебиту и обводненности пластов, забойному давлению верхнего пласта. Однако нет информации по забойному давлению нижнего пласта – примерные значения которого сегодня определяются по динамограмме.

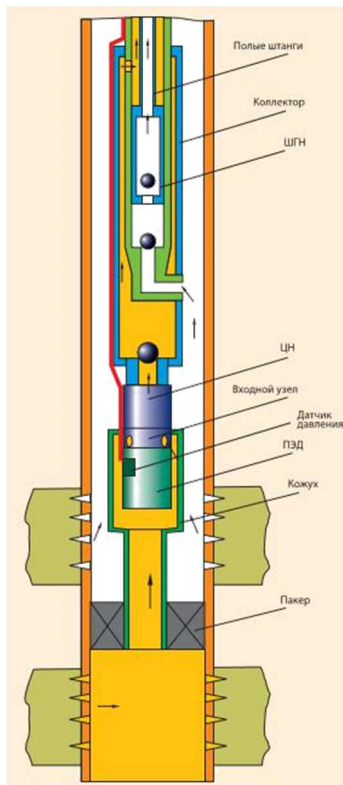


Рисунок 4 – Установка для одновременно-раздельной эксплуатации с электропогружным насосом и раздельным подъемом продукции объектов

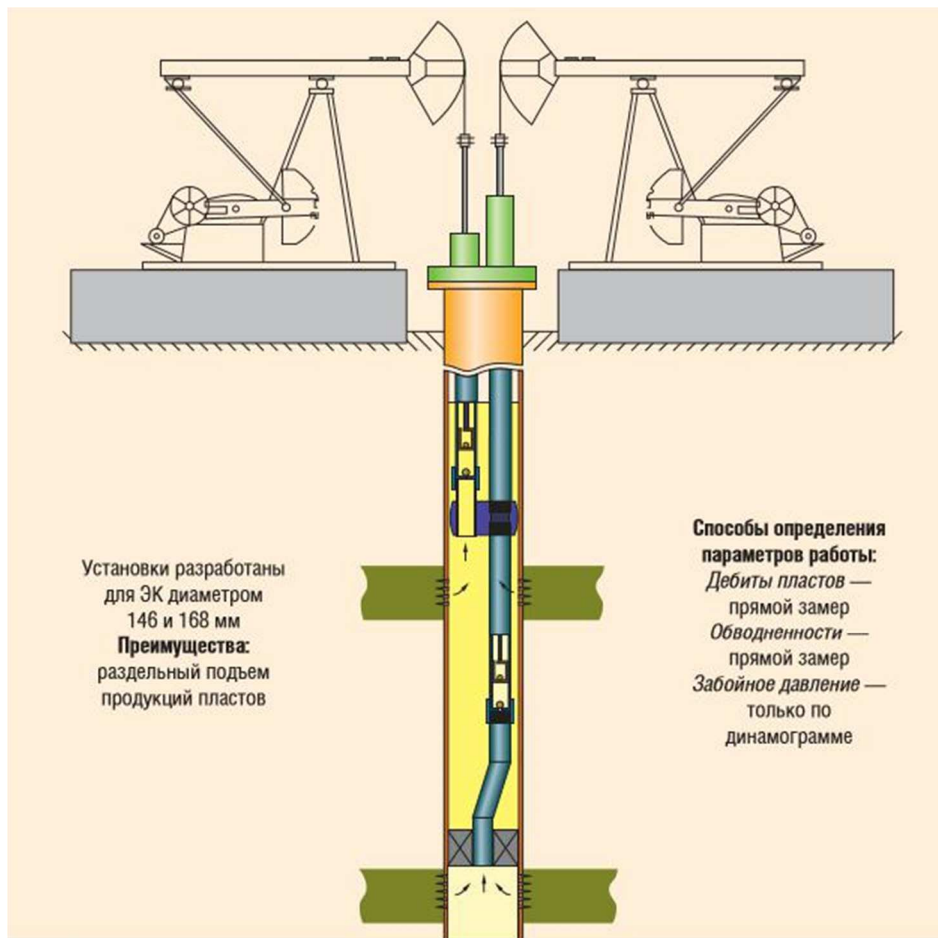


Рисунок 5 – Двухлифтовая установка для одновременно-раздельной эксплуатации

Литература:

1. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
2. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
3. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.
4. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутривнепромислового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.
5. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.
6. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
7. Шиян С.И., Березовский Д.А. Анализ экономической и технологической эффективности эксплуатации боковых стволов на Красновском газонефтяном месторождении // Наука и техника в газовой промышленности. – 2020. – № 3 (83). – С. 26–37.
8. Шиян С.И., Омельченко Н.Н. Варианты реинжиниринга при ре-конструкции производственных объектов системы сбора, транспор-тировки и подготовки нефти, газа и воды Ивановского месторождения // Инженер-нефтяник. – 2020. – № 3. – С. 34–42.
9. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.
10. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.
11. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.
12. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.
13. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.
14. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

15. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.
16. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.
17. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.
18. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.
19. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.
20. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.
21. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

Literature:

1. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremichuk R.S. Scientific basis and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.
2. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of oil and gas fields. – Krasnodar : Izd. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.
3. Shiyani S.I., Skiba A.S. Technology of reservoir pressure maintenance system regulation at Abino-Ukrainian field // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 279–288.
4. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of in-field collection, preparation and metering of production at Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.
5. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoye field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.
6. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and development prospects of Lebedinskoye gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.
7. Shiyani S.I., Berezovskiy D.A. Analysis of economic and technological efficiency of operation of sidetracks at Krasnovskoye gas and oil field // Science and Technology in the gas industry. – 2020. – № 3 (83). – P. 26–37.
8. Shiyani S.I., Omelchenko N.N. Re-engineering options for re-engineering of production facilities of the system of gathering, transportation and treatment of oil, gas and water of the Ivanovskoye field // Engineer-neftyanik. – 2020. – № 3. – P. 34–42.

9. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of downhole equipment / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.

10. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.

11. Improving the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.

Methods of enhanced oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of the field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.

13. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells in gas field / S.I. Shiyani [et al.] // Nauka. New generation. Success : the materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.

14. Shiyani S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.

15. Shiyani S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskiye readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.

16. Development of hydro-jet method of oil extraction / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.

17. Analysis of the causes of hydrate formation during well operation in gas fields / S.I. Shiyani [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.

18. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.

19. Kovalenko D.R., Shiyani S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.

20. Application of magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of dual-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.

21. The solution of the problem of the negative effect of mechanical impurities in the ESP installations on the example of the Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ
НА СЕВЕРО-КОЖВИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

**ANALYSIS OF EFFICIENCY OF CONDUCTING
GEOLOGICAL AND TECHNICAL MEASURES
ON THE SEVERO-KOZHVINSKOYE FIELD**

Шматко Николай Вячеславович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»,
Ухтинский государственный технический университет
subzeromarcusbernett@yandex.ru

Савенок Ольга Вадимовна

доктор технических наук,
профессор кафедры разработки и эксплуатации
нефтяных и газовых месторождений и подземной гидромеханики,
Ухтинский государственный технический университет
olgasavenok@mail.ru

Малофеева Анастасия Юрьевна

студентка направления подготовки
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
Института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
89098187863@mail.ru

Багдасарян Артём Артурович

студент направления подготовки
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
Института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
mr.ch1993@mail.ru

Аннотация. Анализ разработки нефтяных месторождений, проведённый за длительный период, показывает, что, как правило, фактические данные в той или иной степени отклоняются от запроектированного уровня. Поэтому важной задачей является изучение накопленного опыта практического осуществления проектов разработки и выявления причин отклонения фактических показателей от проектных, а также определение на этой основе путей дальнейшего повышения экономической эффективности разработки месторождений. В статье рассматриваются результаты проведения ГТМ на Северо-Кожвинском месторождении механическими методами, к которым относятся ГРП и реперфорация скважин, сравниваются показатели эффективности и определяются основные проблемы.

Ключевые слова: анализ эффективности проведения ГТМ, общие сведения о проведённых ГТМ, гидроразрыв пласта, реперфорация пластов, сравнение эффективности ГРП и реперфорации пластов.

Shmatko Nikolay Vyacheslavovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas engineering»,
Ukhta state technical university
subzeromarcusbernett@yandex.ru

Savenok Olga Vadimovna

Doctor of Technical Sciences,
Professor of the department of development and operation of oil and gas fields
and underground hydromechanics,
Ukhta state technical university
olgasavenok@mail.ru

Malofeeva Anastasia Yuryevna

Student training direction 15.03.02 «Technological machines and equipment»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological University
89098187863@mail.ru

Bagdasaryan Artem Arturovich

Student training direction 15.03.02 «Technological machines and equipment»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological University
mr.ch1993@mail.ru

Annotation. Analysis of the development of oil fields, carried out over a long period, shows that, as a rule, actual data deviate to one degree or another from the projected level. Therefore, an important task is to study the accumulated experience in the practical implementation of development projects and to identify the reasons for the deviation of actual indicators from the design ones, as well as to determine, on this basis, ways to further increase the economic efficiency of field development. The article discusses the results of geological and technical measures on the Severo-Kozhvinское field by mechanical methods, which include hydraulic fracturing and well reperforation, compares performance indicators and identifies the main problems.

Keywords: Analysis of the effectiveness of geological and technical measures, general information about the conducted geological and technical measures, hydraulic fracturing, reperforation of layers, comparison of the efficiency of hydraulic fracturing and formation reperforation.

Общие сведения о проведённых ГТМ

В период 2010–2017 гг. на добывающих скважинах Северо-Кожвинского месторождения проводились мероприятия по повышению нефтеотдачи пластов и интенсификации добычи нефти. Из механических методов применялись джеты пластов, объектов и реперфорация ранее вскрытых интервалов, гидравлический разрыв пласта, термическое и акустическое воздействие, из гидродинамических методов – форсирование (оптимизация) отборов жидкости, ввод скважин в эксплуатацию за счёт переводов с других горизонтов пластов. По группе химических методов воздействия проводились различные виды кислотных обработок, закачка антипарафиновых композиций. По нагнетательному фонду наиболее широкое применение имели технологии, направленные на увеличение приёмистости скважин, и мероприятия, связанные с переводом добывающих скважин в нагнетание. Объёмы проводимых ГТМ по добывающему и нагнетательному фонду в последние годы выросли.

Значительная часть ГТМ как на добывающих, так и на нагнетательных скважинах осуществлялась силами бригад КРС, ПРС и специализированных предприятий. Сюда относятся все работы по интенсификации отборов жидкости и обработкам нагнетательных скважин с целью выравнивания профиля приёмистости и очистки призабойной зоны.

Гидроразрыв пласта

За рассматриваемый период было проведено 8 операций по гидро разрыву пласта. Информация о результатах проведения ГРП представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты проведения ГРП

№ скважины	Дата пуска	Характеристика работы скважин					
		до ГТМ			после ГТМ		
		дебит нефти, тонн/сут.	дебит жидкости, тонн/сут.	обводнённость, %	дебит нефти, тонн/сут.	дебит жидкости, тонн/сут.	обводнённость, %
207	06.06.2011	10,8	14,8	26,7	14,1	19,3	27,1
48	06.01.2011	23,6	25,2	6,6	36,5	40,2	9,4
209	24.06.2012	4,7	4,9	4,0	6,6	7,0	6,4
226	28.05.2013	10,3	10,9	5,2	16,4	17,3	5,3
214	20.05.2013	7,5	8,3	9,0	21,1	23,7	11,0
217	21.01.2014	7,5	8,4	10,3	27,3	91,2	70,1
224	19.04.2015	48,3	49,3	1,9	24,5	28,0	12,5
210	04.07.2016	9,4	15,9	40,9	26,9	28,1	4,2

Гидроразрывы проводились в скважинах, пласты которых характеризуются высокими коллекторскими свойствами: по ГИС пористость колеблется от 13 до 22 %, проницаемость – от 0,002 до 0,329 мкм². Исключение составили скважины №№ 207 и 226, пласты которых представлены низкопроницаемыми песчаниками.

На рисунке 1 представлена гистограмма сравнения дебита нефти по скважинам до и после проведения ГРП.

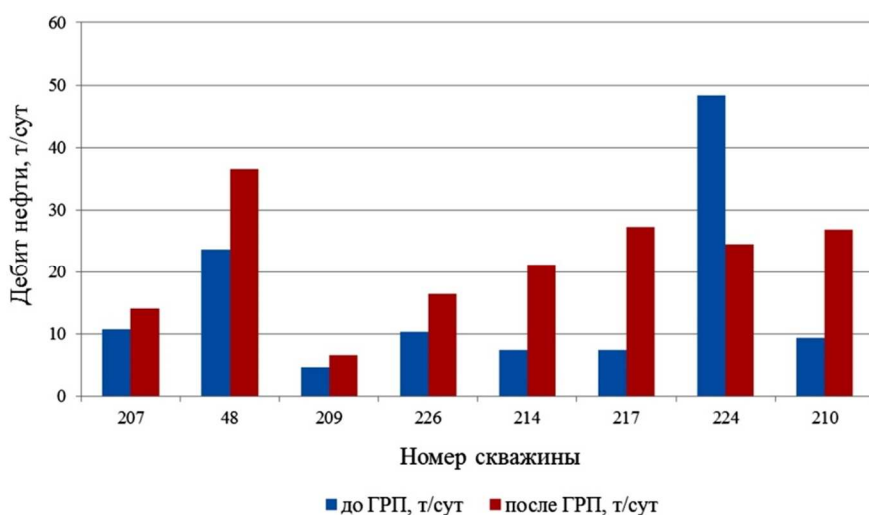


Рисунок 1 – Распределение добычи нефти до и после проведения ГРП

Как видно из рисунка 1, по скважинам №№ 207 и 209 прирост добычи нефти незначителен (около 2 тонн/сут.), а по скважине № 224 наблюдается снижение добычи.

Причиной неэффективной операции в скважине № 224 является низкое пластовое давление (14,9 МПа при начальном 31,3 МПа). На работу данной скважины не сказывается влияние нагнетательных. Из-за наличия на этом участке двух тектонических нарушений гидродинамическая связь с ними отсутствует. Специальные исследования (гидропрослушивание) не проводились. По предварительным результатам закачки трасеров в нагнетательную скважину № 32, выполненной в 2004 году, лишь 2 % объёма закачиваемой воды достигает скважины № 224.

Невысокие результаты после проведения ГРП получены в скважине № 207 по причине расположения в пределах залежи южного купола. Участок пласта к моменту проведения ГРП разрабатывался на естественном режиме, не была сформирована система заводнения. Средневзвешенное пластовое давление составило 10–11 МПа, что ниже начального, которое принято по пласту равным 31,3 МПа.

В таблице 2 представлена информация о продолжительности эффекта и дополнительной добыче нефти.

Таблица 2 – Эффект проведения ГРП

№ скважины	Вид обработки	Дата пуска	Дополнительная добыча нефти, тонн	Продолжительность эффекта, сут.	Отработанное время, сут.	Прирост дебита нефти за отработанное время, тонн/сут.	Прирост дебита нефти за время эффекта, тонн/сут.
207	ГРП	06.06.2011	933,1	205,0	288,0	3,2	4,6
48	ГРП	06.01.2011	27126,7	2071,8	2102,8	12,9	13,1
209	ГРП	24.06.2012	394,1	181,0	212,0	1,9	2,2
226	ГРП	28.05.2013	2281,4	347,0	378,0	6,0	6,6
214	ГРП	20.05.2013	26280,0	1902,8	1933,8	13,6	13,8
217	ГРП	21.01.2014	21194,4	1071,9	1071,9	19,8	19,8
224	ГРП	19.04.2015	0,0	0,0	67,0		
210	ГРП	04.07.2016	2617,1	149,5	149,5	17,5	17,5
Всего			80827	5929	6203	13,0	13,6

В 2011 году при вводе из бездействия в скважины № 209 провели гидроразрыв пласта. Данная скважина эксплуатировалась в периодическом режиме, и в январе 2012 года была остановлена по причине низкой продуктивности. Пластовое давление в тот период держалось на уровне 10–11 МПа (при начальном по пласту равном 13 МПа). Влияние закачки нагнетательной скважины № 44 не наблюдается. Причиной отсутствия гидродинамической связи, видимо, является литологическая неоднородность продуктивных отложений.

Дополнительная добыча нефти по всем скважинам составила 80827 тонн, среднее время продолжительности эффекта – 847 сут., средний прирост дебита за время эффекта 13,6 тонн/сут.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- 1) невысокие показатели эффективности мероприятий обусловлены, в первую очередь, низким уровнем энергетического состояния пластовой системы;
- 2) оценка эффективности мероприятий по ГРП затруднена в связи с отсутствием геофизических исследований работы скважин до и после воздействия;
- 3) обобщение опыта работ, проведённых на месторождении, указывает на необходимость строгого отбора скважин-кандидатов на ГРП и применение адаптированных технологий гидроразрывов по совокупности геолого-технологических критериев.

Реперфорация пластов

Для повышения продуктивности добывающих скважин на Северо-Кожвинском месторождении используются перфорационные работы, в число которых входит перестрел (или реперфорация) ранее перфорированных интервалов, дострел ранее не вскрывавшихся нефтенасыщенных интервалов.

Кроме использования данных работ в качестве самостоятельного метода повышения продуктивности скважин, перфорационные работы проводятся также в составе мероприятий вторичного освоения скважин, подготовки гидроразрыва пласта и при ремонтно-изоляционных работах.

За рассматриваемый период было проведено 23 операции по реперфорации пластов. Обычно реперфорации проводились в сочетании с другими методами обработки призабойной зоны (термобарическими, акустическими и кислотными). Частично результаты проведения реперфорации скважин представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Эффект проведения реперфорации

№ скважины	Дата пуска	Характеристика работы скважин					
		до ГТМ			после ГТМ		
		дебит нефти, тонн/сут.	дебит жидкости, тонн/сут.	обводнённость, %	дебит нефти, тонн/сут.	дебит жидкости, тонн/сут.	обводнённость, %
48	08.10.2010	23,6	23,6	0,0	23,6	25,2	6,6
208	30.08.2010	76,7	78,8	2,8	84,0	85,7	2,0
225	24.05.2010	3,3	4,0	16,7	36,1	50,0	27,8
222	21.08.2011	17,8	21,4	16,8	19,9	33,5	40,7
213	30.08.2011	55,6	56,6	1,7	64,7	66,7	3,0
221	26.05.2012	6,3	7,4	13,9	6,4	6,6	2,3
209	07.08.2013	6,6	7,0	5,8	8,4	9,5	11,4
215	18.02.2013	67,2	73,7	8,9	8,3	18,8	56,0

За истекший период по 14 успешным обработкам дополнительная добыча нефти составила 240,1 тыс. тонн при продолжительности эффекта 11495 сут. Прирост дебита нефти за отработанное время – 19,9 тонн/сут., за время эффекта 20,9 тонн/сут.

Сравнение дебита до и после проведения реперфорации показано на рисунке 2.



Рисунок 2 – Распределение добычи нефти до и после проведения реперфорации

Высокая эффективность реперфорации, достигнутая по скважинам №№ 6, 201, 208 и 240, обеспечена достаточным запасом пластовой энергии. Приросты дебитов нефти варьируют от 7,4 до 40,3 тонн/сут., причём в скважинах №№ 240 и 201 реперфорация выполнена на депрессии. Низкоэффективными (скважины №№ 213 и 222) и неэффективными (скважина № 224 (две обработки)) оказались реперфорации, проведённые в скважинах зон пласта с пониженным уровнем пластовой энергии и наличием технических и геологических осложнений (скважины №№ 215 и 251). На скважину № 224 не влияет закачка. По результатам закачки трассеров в нагнетательную скважину № 1037, выполненную в 2004 году, лишь 2 % объёма закачиваемой воды достигает скважины № 224.

Коэффициент успешности обработок равен 0,58.

Эффективность реперфораций скважин была обусловлена уровнем энергетического состояния пласта. Высокий эффект получен по скважине № 225 при вводе из длительного бездействия. Кроме реперфорации в скважине проведена ОПЗ (ПГД-БК). Под влиянием закачки с вводом нагнетательных скважин №№ 38 и 59 дебит нефти её увеличился с 23,3 тонн/сут. в 2010 году до 42,7 тонн/сут. в 2015 году, в 2016 году отмечается незначительное снижение дебита нефти до 36,3 тонн/сут. Средний прирост дебита нефти составил 32,8 тонн/сут.

Дебит нефти по скважине № 244 в результате реперфорации пласта практически не изменился из-за роста обводнённости продукции. Скважина находится в зоне влияния закачки нагнетательных скважин №№ 38 и 59. Снижение дебита нефти из-за увеличения обводнённости отмечается в скважинах №№ 141 (расположена вблизи ВНК) и 43 (влияние нагнетательной скважины № 29). Дебиты жидкости скважин №№ 141 и 43 увеличились в 2 раза.

Неэффективными оказались реперфорации малообводнённых скважин (№№ 48, 221 и 65), не испытавших на момент обработки активного воздействия закачки воды. После обработки дебиты нефти и жидкости снизились.

В целом дополнительная добыча нефти составила 96,2 тыс. тонн при продолжительности эффекта 4675,8 сут. Основной эффект получен за счёт реперфорации в скважине № 225. Прирост дебита нефти за отработанное время составил 19,4 тонн/сут., за время эффекта 20,7 тонн/сут.

Реперфорация на депрессии была выполнена в двух скважинах. В скважине № 261 прирост дебита нефти составил 11,5 тонн/сут. Скважина введена из бездействия в 2012 году. Высоким энергетическим состоянием объясняется эффективность реперфорации по скважине № 258. Скважина находилась в консервации с 2015 года, дебит нефти её составил 48,8 тонн/сут. практически без воды. Для поддержания отборов в ноябре 2014 года под закачку введена скважина № 54. По скважине № 209 эффект не был получен.

В скважине № 277 при вводе из бездействия (более трёх лет) выполнена реперфорация. Дебит нефти составил 9,4 тонн/сут.

Дополнительная добыча нефти по объекту составила 78,4 тыс. тонн при продолжительности эффекта 2508 сут. Прирост дебита нефти составил 31,3 тонн/сут.

В скважине № 250 при вводе её из бездействия (остановлена в 2004 году в системе ППД) выполненная реперфорация практически не принесла эффекта. В декабре 2014 года скважина остановлена и переведена в капитальный ремонт с целью изоляции обводнённого пласта и перевода на вышележащий пласт.

Дополнительная добыча нефти за счёт проведения реперфорации скважин равна 240127 тонн по всем скважинам, средняя продолжительность эффекта 328 сут., прирост добычи составил 20,9 тонн/сут. на скважину.

Таким образом, результаты реперфорации пластов указывают на высокую эффективность в условиях достаточного запаса пластовой энергии и позволяют считать реперфорацию пластов одним из основных методов интенсификации добычи нефти на перспективу.

Сравнение эффективности ГРП и реперфорации

За рассматриваемый период было проведено 8 скважино-операций по гидроразрыву пласта и 23 операции по реперфорации скважин. Это связано со значительно более низкой стоимостью мероприятий по реперфорации скважин.

Наколенная дополнительная добыча по скважинам после ГРП составила 80827 тонн, что значительно ниже, чем от реперфорации скважин – 240127 тонн. Но, пересчитывая дополнительную добычу нефти на 1 скважину, получаем 6861 тонн/скв. при реперфорации и 10103 тонн/скв. при гидроразрыве пласта, т.е. эффективность ГРП выше и продолжительность эффекта ГРП значительно выше, чем реперфорация (847 и 328 сут. соответственно).

В обоих случаях основной причиной неудовлетворительных результатов воздействия на скважину является низкое пластовое давление и плохая гидродинамическая связь с нагнетательными скважинами.

Несмотря на почти двукратное превышение показателей дополнительной добычи нефти и продолжительности эффекта при проведении ГРП, стоит отметить на порядок меньшую стоимость реперфорации. Исходя из этого, рекомендуется также в будущем основным методом механизированного воздействия на пласт использовать реперфорацию скважин.

Выводы и рекомендации

Исходя из проведённого анализа, можно сделать следующие выводы:

1) за рассматриваемый период было проведено 8 скважино-операций по гидро-разрыву пласта, дополнительная добыча нефти по всем скважинам составила 80827 тонн, среднее время продолжительности эффекта – 847 сут., средний прирост дебита за время эффекта – 13,6 тонн/сут.;

2) реперфораций было проведено 23 скважино-операции, дополнительная добыча нефти равна 240127 тонн по всем скважинам, средняя продолжительность эффекта 328 сут., прирост добычи составил 20,9 тонн/сут. на скважину;

3) при применении обоих методов основной причиной неудовлетворительных результатов воздействия на скважину является низкое пластовое давление и плохая гидродинамическая связь с нагнетательными скважинами.

К выводам данной работы можно также отнести:

1) в будущем основным методом механизированного воздействия на пласт рекомендуется использовать реперфорацию скважин в связи с её более низкой ценой;

2) необходимо более детально подходить к отбору скважин-кандидатов на ГРП и корректировать методику проведения ГРП исходя из геофизических параметров скважин;

3) следует воздерживаться от проведения мероприятий по механическому воздействию на пласт с низким пластовым давлением и плохой гидродинамической связью с нагнетательным фондом.

Литература:

1. Технологическая схема разработки Северо-Кожвинского нефтяного месторождения / Отчёт о научно-исследовательской работе. – Ухта : филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Коми», «ПечорНИПИнефть», 2017.

2. Булатов А.И., Савенок О.В. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин»: в 4 томах: учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013–2014. – Т. 1–4.

3. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин: в 4 томах. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012–2015. – Т. 1–4.

4. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.

5. Пластоиспытательное оборудование для гидродинамических исследований пластов нефтяных и газовых скважин / П.С. Варламов [и др.]. – Уфа : Уфимский полиграфкомбинат, 2004. – 620 с.

6. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.

7. Савенок О.В., Качмар Ю.Д., Яремийчук Р.С. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.

8. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин / О.В. Савенок [и др.]. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.

9. Савенок О.В. Проектирование разработки нефтяных месторождений: учебное пособие: в 2 ч. – Ухта : Издательство Ухтинского государственного технического университета, 2021. – Ч. 1–2.

10. Вахитов В.О., Савенок О.В. Анализ применения углеводородных растворителей для депарафинизации скважин на Северо-Кожвинском месторождении // Инновационные технологии в производстве строительных материалов и конструкций: сборник научных трудов Международного симпозиума (27–28 ноября 2020 года, г. Ташкент). – Ташкент : Ташкентский архитектурно-строительный институт, 2020. – С. 292–297.

11. Вахитов В.О., Савенок О.В. Анализ геолого-промысловой информации с целью проектирования разработки Северо-Кожвинского нефтяного месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 107–123.

12. Никитин Б.А., Григулецкий В.Г. Стационарный приток нефти к одиночной горизонтальной скважине в анизотропном пласте // Нефтяное хозяйство. – 1992. – № 10. – С. 10–12.

13. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутринефтепромыслового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH: Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.

14. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.

15. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

16. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

17. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

18. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.

19. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

20. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

21. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

22. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

23. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

24. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех :

материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

25. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

26. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения: материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 280–287.

27. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения: материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – Ч. 1. – С. 273–280.

Literature:

1. Technological development scheme of the Severo-Kozhviskoye oil field / Report on the research work. – Ukhta : branch of LUKOIL-Komi LLC, PechorNIPIneft, 2017.

2. Bulatov A.I., Savenok O.V. Workshop on the discipline «Completion of oil and gas wells» : in 4 volumes: textbook. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2013–2014. – V. 1–4.

3. Bulatov A.I., Savenok O.V. Capital underground repair of oil and gas wells: in 4 volumes. – Krasnodar : Publishing House – South, 2012–2015. – V. 1–4.

4. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremiychuk R.S. Scientific bases and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.

5. Plast-testing equipment for hydrodynamic research of oil and gas wells / P.S. Varlamov [et al.] – Ufa : Ufa Printing Works, 2004. – 620 p.

6. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al]. – Novocherkassk : Publishing house «Lik», 2018. – 292 p.

7. Savenok O.V., Kachmar Y.D., Yaremiichuk R.S. Oil and gas engineering in well development. – M. : Infra-engineering, 2019. – 548 p.

8. Environmental aspects in the construction of oil and gas wells / O.V. Savenok [et al]. – Moscow; Vologda: Infra-Engineering, 2021. – 652 p.

9. Savenok O.V. Designing of oil field development: a training manual: in 2 parts. – Ukhta: Publishing House of Ukhta State Technical University, 2021. – Part 1–2.

10. Vakhitov V.O., Savenok O.V. Analysis of application of hydrocarbon solvents for dewaxing of wells in North-Kojvin field // Innovative technologies in building materials and structures: a collection of scientific papers of International Symposium (27–28 November 2020, Tashkent). – Tashkent : Tashkent Architecture and Construction Institute, 2020. – P. 292–297.

11. Vakhitov V.O., Savenok O.V. Analysis of geological and field data for the design of the Severo-Kojvin oil field development // Science. Technology. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 4. – P. 107–123.

12. Nikitin B.A., Griguletsky V.G. Stationary oil inflow to a single horizontal well in an anisotropic formation // Oil Economy. – 1992. – № 10. – P. 10–12.

13. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of the system of in-field collection, preparation and metering of products on Nekrasovsky gas condensate field / S.I. Shiyan [et al] // REFERATOTECH: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference: in 3 vol. – Krasnodar: Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.

14. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoye field and justification of method and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and

Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.

15. Peculiarities of producing wells operation in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success: proceedings of II International scientific-practical conference: in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.

16. Improvement of the hydro-jet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.

17. Methods of enhanced oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of the field named after Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.

18. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of downhole equipment / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3 – P. 258–265.

19. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.

20. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.

21. The application of the magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of the double-column wells / A.A. Slepsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – V. 2. – P. 220–223.

22. The solution of the problem of the negative effect of mechanical impurities in the ESP installations by the example of Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.

23. Development of hydro-jet method of oil recovery / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.

24. Analysis of the causes of hydrate formation during the operation of wells in gas fields / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.

25. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells in a gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.

26. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries for effective development of energy resources of technogenic deposits by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings: proceedings of an international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.

27. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhin readings: materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 273–280.

ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА БУРОВОЙ УСТАНОВКИ

FUNCTIONAL AND STRUCTURAL MODELING FOR OPTIMUM RIG SELECTION

Шмелев Валерий Александрович

кандидат технических наук,
инженер кафедры «Автоматизация производственных процессов»,
Волгоградский государственный технический университет
app@vstu.ru

Аннотация. Учитывая разнообразие технико-экономических параметров буровых установок, выпускаемых в России и за рубежом, а также высокую стоимость бурового оборудования, потребителю чрезвычайно сложно определить наиболее эффективный вариант ее комплектации. Достаточно часто выбор установки ограничивается расчетом максимальной грузоподъемности и оценкой экспертами затрат на ее транспортировку, монтаж и эксплуатацию.

Использование функционально-структурного моделирования работы буровых установок позволяет определить комплекс необходимых и достаточных функций, реализуемых исполнительными механизмами и сократить экономические издержки при строительстве скважин.

Ключевые слова: технологии бурения, рынок бурового оборудования, выбор буровой установки, функционально-структурное моделирование, функции буровой установки, функционально-оправданные затраты.

Shmelev Valery Aleksandrovich

PhD in Technical Sciences,
Engineer of the Production Process Automation Department?
Volgograd State Technical University
app@vstu.ru

Annotation. Given the variety of the performance characteristics of drilling rigs manufactured in Russia and abroad, as well as the high cost of drilling equipment, it is extremely difficult for the consumer to determine its most effective configuration. Quite often, the rig choice is limited to the maximum load capacity calculation and the expert assessment of the costs of its transportation, rig-up and maintenance.

Functional and structural modeling of drilling rigs allows for determining the set of necessary and sufficient functions implemented by the actuators and reduce the costs of well construction.

Keywords: drilling technologies, drilling equipment market, drilling rig selection, functional and structural modeling, drilling rig functions, functionally justified costs.

Анализ использования буровых установок для строительства скважин
Поиск, разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений предполагает широкое использование буровых работ. Бурение скважин присутствует на всех этапах реализации жизненного цикла разработки нефтяных и газовых месторождений, от изучения геологического строения и определения общих законо-

мерностей распространения комплексов отложений, до открытия нефтегазовых месторождений и добычи нефти и газа [1, 2]. Развитие рынка высокотехнологичных сервисных и инжиниринговых услуг является одной из приоритетных национальных задач.

Перспективные направления развития рынка бурения скважин во многом определяются тенденциями в секторе добычи и воспроизводства минерально-сырьевой базы углеводородов:

Согласно существующим оценкам [3–7] 77 % доказанных запасов по Российской Федерации находятся на разрабатываемых месторождениях. Практически все разрабатываемые месторождения характеризуются высокой степенью **выработанности** – более 60 %;

Структура запасов нефти новых месторождений представлена высокой долей мелких месторождений (величина извлекаемых запасов до 15 млн. тонн); удаленностью инфраструктуры, сложными геологическими условиями разработки;

Обводненность действующих скважин по регионам Западной Сибири составляет 90 %, доля запасов, относящихся к категории **трудноизвлекаемых** – более 40 % (рис. 1), наблюдается постепенное увеличение количества неантиклинальных ловушек (залей неструктурного типа), вовлекаемых в разведку.

Все шире используются технологии горизонтального бурения, позволяющие многократно увеличить дебиты скважин по сравнению с соседними вертикальными и наклонными скважинами, повысить эффективность методов воздействия на пласт и др.

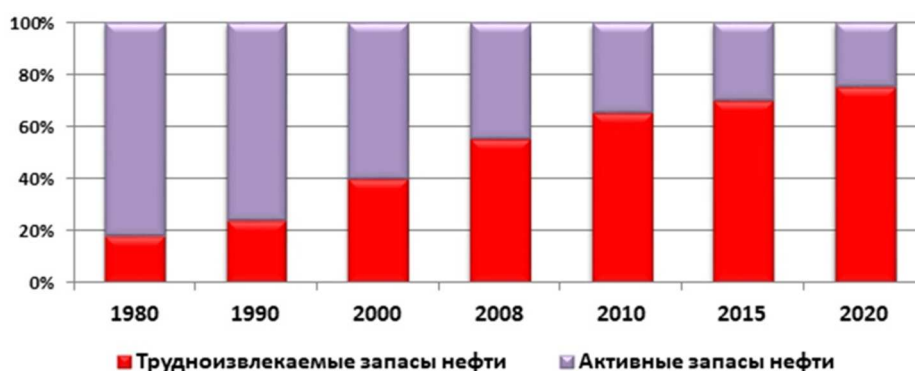


Рисунок 1 – Тенденция изменения структуры запасов в России по данным [8]

В условиях ухудшения ресурсной базы эффективное удовлетворение внутреннего спроса на углеводородные ресурсы, развитие внутренних и внешних рынков продукции топливно-энергетического комплекса, требует применение и развитие новых технологий бурения.

В настоящее время можно выделить несколько перспективных направлений развития технологий бурения: бурение наклонно-направленных скважин; бурение с управлением давлением, на обсадных трубах, с одновременной обсадкой; бурение скважин малого диаметра (СМД); расширяемые обсадные трубы (бурение монодиаметром); бурение двойными трубами и др. [8, 9].

Тенденции развития современных технологий бурения оказывают влияние на процесс развития буровой техники, основными факторами совершенствования которого являются: обеспечение промышленной и экологической безопасности, реализация требований современных технологий, мобильность буровых установок, снижение затрат на бурение скважин (оснащение системами автоматического управления, повышение управляемости и качества бурового процесса), эргономические требования.

Повышение эффективности работы современных буровых комплексов изготовители бурового оборудования в первую очередь связывают развитием отдельных систем буровых установок. Все более широкое применение находят: буровые насосы (**квинтуплексы** с 5-ю цилиндрами) с увеличенной длиной хода плунжера, мощностью до

3500 л.с. [10]; буровые мачты с открытой передней гранью и интегрированной системой силового верхнего привода с реечными направляющими, что позволяет обеспечить возвратно-поступательное движение бурового инструмента и отказаться от буровой лебедки. Появляется возможность оперативного регулирования нагрузки на инструмент от 20 до 40 тонн, за счет прямой передачи нагрузки на бурильную колонну (автоматизированные буровые установки компании **Drillmec** серии НН-300 [11]).

Российские предприятия интенсифицировали работу над отечественными аналогами: систем силового верхнего привода (силовые гидравлические вертлюги ВГС-80...250, верхний электрогидравлический привод ПВЭГ-250 и СВЭП-320, компании ОАО «ПромТехИнвест»); буровых ключей КМБ, КМТ-М со статическим раскреплением и докреплением резьб гидравлическими механизмами; механизацией и автоматизацией операций верхового рабочего; комплексной автоматизацией основных технологических процессов; систем управления буровой установкой (БУ), построенной на анализе параметров забойного процесса в комплексе с приводом переменного тока исполнительных механизмов, что позволяет качественно контролировать и управлять буровым процессом в сложных горно-геологических условиях бурения.

Из числа отечественных изготовителей БУ на рынке РФ в 2012–2020 гг. по данным [12–14] высокие производственные показатели демонстрирует Уральский Федеральный округ с объемом выпуска продукции 640,4 шт.

БУ Уралмаш 5000/320 ЭК-БМЧ Eriell и Уралмаш 6000/400 ЭК-БМЧ «Арктика» ООО «Уралмаш НГО Холдинг» имеют многоэшелонную укороченную компоновку, чем достигается уменьшение размеров кустовых площадок. Внедрение системы ремонтов по техническому состоянию (мониторинга технического состояния, наличия встроенных диагностических систем) вместо системы планово-предупредительного ремонта (ППР) способствует повышению надежности бурового оборудования без изменения его конструкции.

Урало-Сибирская Промышленная Компания АО «УСПК» выпускает электрические кустовые БУ грузоподъемностью 225, 250, 270, 320, 400, 450 т и стационарные БУ, г/п 320, 450 т с дизельным и дизель-электрическим приводом.

ООО «Кливер» (Калининградская обл.) осуществляет производство полнокомплектных БУ, а также вышечно-лебедочных блоков, оснащенных вышками г/п 200 тонн и 225 тонн для модернизации установок эшелонного типа парка ООО «Буровой компании «Евразия».

Большая часть отечественных производителей буровых установок ООО «Уралмаш НГО Холдинг»; ООО НПЦ «Металлург»; ООО «ТМС-Иждрил» (совм с Sinopet) занимаются производством металлоконструкций для собственных и сторонних буровых установок (вышки, мостки, основания, кабины), при этом часть из них технологическое оборудование закупают у сторонних компаний.

ООО «Идель Нефтемаш» представляет мобильные буровые установки ИДЕЛЬ, г/п 100, 125, 140, 160, 180, 200, 250, 400 т; а также подъемные агрегаты ИДЕЛЬ, г/п 50, 80, 100 т.

Продукция ООО «Механического Завода «Калязинский» (ООО «МЗК») представлена мобильными установками ББМ-125, 140, 160, 180, 200 т и агрегатами для ремонта скважин УПТ-40 (50), УПБ-40 (г/п 50, 60, 80, 100 т).

Большую часть продукции российских экспортеров покупает Узбекистан (более 56 %).

Лидером по импортным поставкам в 2019 г. является Китай (более 42 %), ведущий поставщик буровых установок – SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION OY (14,3 %). Другая доля рынка бурового оборудования представлена компаниями: Bentec GmbH Drilling & Oilfield Systems, (Germany); Drillmec, (Italy); Китайские компании Sichuan Honghua Petroleum Equipment Co. Ltd.; Haihua Industry Group; Baoji Oilfield Machinery Co., Ltd. (BOMCO); Tianjin DFXK Petroleum Machinery; SJ Petroleum machinery; RG Petro-Machinery; Kerui Petroleum Equipment; Jereh Group; WEI-Well Equipments In-

ternational S.r.l; Nanyang Longsheng Ruike Petroleum Machinery; Zhongman Petroleum Equipment (Shanghai) и др.

Повышение требований к буровому оборудованию ведет к повышению стоимости буровых комплексов. По данным [15] в среднем по России в декабре 2019 года цена на отечественные БУ составила 30,9 млн.руб/шт. Наибольший уровень отпускных цен буровых установок зафиксирован в январе и составил 54 млн.руб/шт.

Мобильные БУ серии ZJ-30 DBS, г/п 180 т, (производства компании Honghua Holdings Limited). на территории РФ реализуются по цене более 5,5 млн долл. США.

БУ компании **Bentec GmbH Drilling & Oilfield Systems**, г/п 450 т. реализуются по цене 22 млн долл. США [16].

По данным [17] рынок бурового оборудования в России, характеризуется с одной стороны устаревшим парком, а с другой – ростом требований к буровым со стороны крупнейших подрядчиков.

За 2007–2017 годы парк БУ в России, согласно оценке RPI, увеличился на 36 % и составил 1389 единиц. На 2019 год парк БУ в России насчитывал около 1,5 тыс. единиц.

Ключевыми аспектами, влияющими на выбор поставщика установки, буровые компании называют: соответствие техническим спецификациям, цену, условия и сроки поставки, имидж производителя на рынке, а также наличие послепродажного обслуживания оборудования.

Производители бурового оборудования (БО) стремятся максимально удовлетворить требования покупателей по повышению эффективности процесса строительства нефтяных скважин. Очевидно стремление производителей к выпуску полностью комплектных универсальных многоцелевых БУ (автоматизированные БУ Bentec_серии Euro Rigs и Special_Rig_WPEuromatic Rig; самоподъемные буровые установки серии Swing Lift Drillmec; БУ компании Honghua Holdings Ltd. комплектуются электроприводом переменного тока (серия DBS), бесступенчатым вариатором (серия D), автоматической системой цифрового управления исполнительными механизмами (серия LDB) и др.), что освобождает потребителя от необходимости устанавливать дополнительное оборудование и упрощает сервисное обслуживание.

В таких условиях перед потребителем возникает сложная задача обоснования характеристик применяемого оборудования. Большое значение имеет обоснованный выбор современных БУ с высокой функциональной насыщенностью, учитывая их высокую стоимость.

Учитывая разнообразие технико-экономических параметров БУ, выпускаемых в России и за рубежом, а также высокую стоимость БО, потребителю чрезвычайно сложно определить наиболее эффективный вариант комплектации БУ, обеспечивающий сокращение затрат при строительстве нефтяных и газовых скважин.

Помимо обязательных требований к выбору буровой установки по грузоподъемности (п. 315 Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности», 2020 г) на оптимальный выбор БУ оказывают влияние ряд факторов, которые необходимо учитывать при выборе для каждого конкретного случая: горно-геологические условия (твердость, пластичность, абразивность пород, горное давление, осложнения и др.), географические условия, глубина проектируемой скважины, применяемый инструмент, способ бурения, комплектность и монтажеспособность БУ и др. [18–20].

Для оценки технических характеристик БО при бурении геологоразведочных и добычных скважин В.Г. Кардыш, А.С. Окмянский и др. [21] предлагали использовать такие показатели, как энерговооруженность, металлоемкость, энергетические характеристики оборудования. Метод корреляционного анализа (сопоставления удельных показателей бурения), по мнению авторов позволяет уточнять возможную область эффективного применения БО.

Известны также метод сравнения по отдельным параметрам, метод функционально-стоимостного анализа и экспертный метод [22].

В.Д. Буткин в работе [23], в качестве основных показателей работы БУ называет сменную производительность, стоимость бурения и уровень надежности оборудования. Эффективность работы средств бурения автор рассматривает в виде технологической системы **горная порода – буровой инструмент – буровой станок** и выражает в виде критериев эффективности (1, 2), отражающих техническую и экономическую стороны процесса бурения.

$$S = \frac{A}{\Pi_c} + \frac{C}{l}, \quad (1)$$

где S – удельные затраты на бурение, руб/м, A – стоимость машино-смены бурового станка (без затрат на долота), руб; Π_c – сменная производительность бурового станка, м; C – стоимость долота, руб; l – стойкость долота, м;

$$\Pi_c = T \frac{\eta}{\left(\frac{1}{V} + t_b\right)}, \quad (2)$$

где Π_c – сменная производительность бурового станка, м, T – продолжительность смены, руб/м; V – средняя механическая скорость бурения, м/мин; t_b – удельные затраты времени на вспомогательные машинные операции при бурении, мин/м; η – коэффициент эффективного использования станка в течение смены.

В зарубежной практике выбор грузоподъемности БУ осуществляют по рекомендациям [24], в соответствие с которым рекомендуется обеспечить коэффициент надежности, согласно таблицы 1.

Таблица 1 – коэффициент запаса грузоподъемности при выборе БУ

Расчетная нагрузка R (короткие тонны)	Расчетный коэффициент надежности K_n
150 и менее	3,00
От 150 до 500	$3,00 - 0,75 * (R - 150)/350$
Более 500	2,25

* где R – величина нагрузки в тоннах

Экономическую эффективность зарубежные специалисты оценивают по критерию стоимости метра проходки

$$S = \frac{C + a(T_m + T_b)}{l}, \quad (3)$$

где C – стоимость долота, руб; a – стоимость эксплуатации буровой установки, руб; T_m – время механического бурения, ч; T_b – время спускоподъемных операций, ч; l – проходка на долото, м.

Нескоромных В.В. [26] эффективность выбора буровой установки обуславливает эффективностью функционирования ее комплектующих сборочных единиц:

- типом вращателя (роторный, шпиндельный, подвижный) для передачи крутящего момента на породоразрушающий инструмент;
- конструкцией буровой вышки (грузоподъемность вышки определяет возможности ликвидации осложнений и аварийных ситуаций);
- оснасткой талевого системы (по мере повышения количества струн ее грузоподъемность увеличивается, но снижается скорость перемещаемого груза на крюке);
- типом и мощностью привода исполнительных механизмов и др.

Анализ исследований и разработок вышеуказанных авторов позволяет сформулировать следующие подходы к оптимальному выбору буровой установки для строительства нефтяных и газовых скважин:

– выбор БУ по необходимой грузоподъемности, согласно п. 315 ПБ в нефтяной и газовой промышленности, 2020 г. Нагрузка на крюке от максимальной расчетной массы бурильной колонны и наибольшей расчетной массы обсадных колонн не должна превышать 0,6 и 0,9 «допускаемой нагрузки на крюке» соответственно.

– выбор на основании технико-экономического сравнения вариантов применения БУ;

– выбор на основании эксплуатационных требований, предъявляемых к БУ;

– выбор на основании критериев оптимизации производства буровых работ.

Данные подходы позволяют определить границы эффективного использования БУ различных классов [27], при этом в специализированной литературе по строительству скважин не рассматриваются вопросы функционального моделирования, отсутствуют методики выбора БУ по критериям минимальной стоимости и продолжительности строительства скважин, нет системного подхода к исследованию и формированию технических средств для производственных нужд.

Для исследования взаимосвязи между горно-геологическими условиями бурения нефтяных и газовых скважин и минимально необходимой функциональной структурой БУ предлагается выполнить функционально-математическое и структурное моделирование технологических возможностей БУ с использованием методов функционально-структурного анализа.

Функционально-структурное моделирование работы буровой установки

С целью выявления общности конструктивных и технологических признаков множества конструкций скважин, введем обобщенный параметр – конструктивно-технологическую сложность скважины, которая представлена произведением конструктивной S_K и технологической сложности S_T .

$$S_{KT} = S_K \cdot S_T. \quad (4)$$

Конструктивную сложность выразим через количество k основных элементов конструкции скважины S_{KO} (обсадные колонны для крепления стенок скважины) и количество r дополнительных элементов S_{KD} (потайные колонны).

$$S_K = S_{KO} + S_{KD} = \sum_{i=1}^k n_i + \sum_{j=1}^r m_j, \quad (5)$$

где n и m – соответственно интервалы крепления скважины обсадными и потайными колоннами; i и j – порядковый номер интервала крепления.

Технологическую сложность представим произведением следующих коэффициентов:

$$S_T = \beta_1 \cdot \beta_2, \quad (6)$$

где β_1 – технологический коэффициент сложности, учитывающий глубину нефтяной скважины, определяется отношением суммы норм времени механического бурения на проходку одного метра к сумме нормы времени механического бурения на проходку одного метра до **базового** интервала; β_2 – технологический коэффициент, учитывающий литологию разреза нефтяной скважины.

Отношение суммы времени одного метра механического бурения геологических типов горных пород, встречающихся в разрезе нефтяной скважины, к сумме времени одного метра механического бурения для **базовой** комбинации горных пород, позволяет устано-

вить зависимость коэффициента β_2 от геологического разреза нефтяной скважины.

После статистической обработки результатов расчета подобрана линейная регрессия модели конструктивно-технологической сложности скважины следующего вида (коэффициент корреляции $k = 0,988$):

$$S_{KT} = S_K \cdot S_T = \left(\sum_{i=1}^k n_i + \sum_{j=1}^r m_j \right) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 = \left(\sum_{i=1}^k n_i + \sum_{j=1}^r m_j \right) \cdot \left(-4 \cdot 10^{-11} \cdot H^3 \right) - \left(3 \cdot 10^7 \cdot H^2 \right) \cdot (0,0001 \cdot H + 0,0201) \cdot (0,2 \cdot R - 0,18), \quad (7)$$

где H – численное значение глубины скважины, м; R – количество литологических типов горных пород в геологическом разрезе скважины, шт.

* – В качестве исходных данных исписывались нормы времени механического бурения, результаты литолого-стратиграфических исследований и проектные конструкции скважин по Волгоградской области.

Функционально-структурную модель (ФСМ) работы БУ сформируем на основе принятой технологии бурения, проектной конструкции скважины и ее конструктивно-технологической сложности. Это означает, что для строительства скважины с конструктивно-технологической сложностью S_{KT} , при реализации разработанных технологических операций T_j можно использовать множество функциональных блоков F_k , требуемое для формирования и последующего сравнения с функционально-структурными моделями работы буровых установок, представленных на мировом и отечественном рынке БУ.

Пример разработанной ФСМ работы БУ приведен на рис. 2.

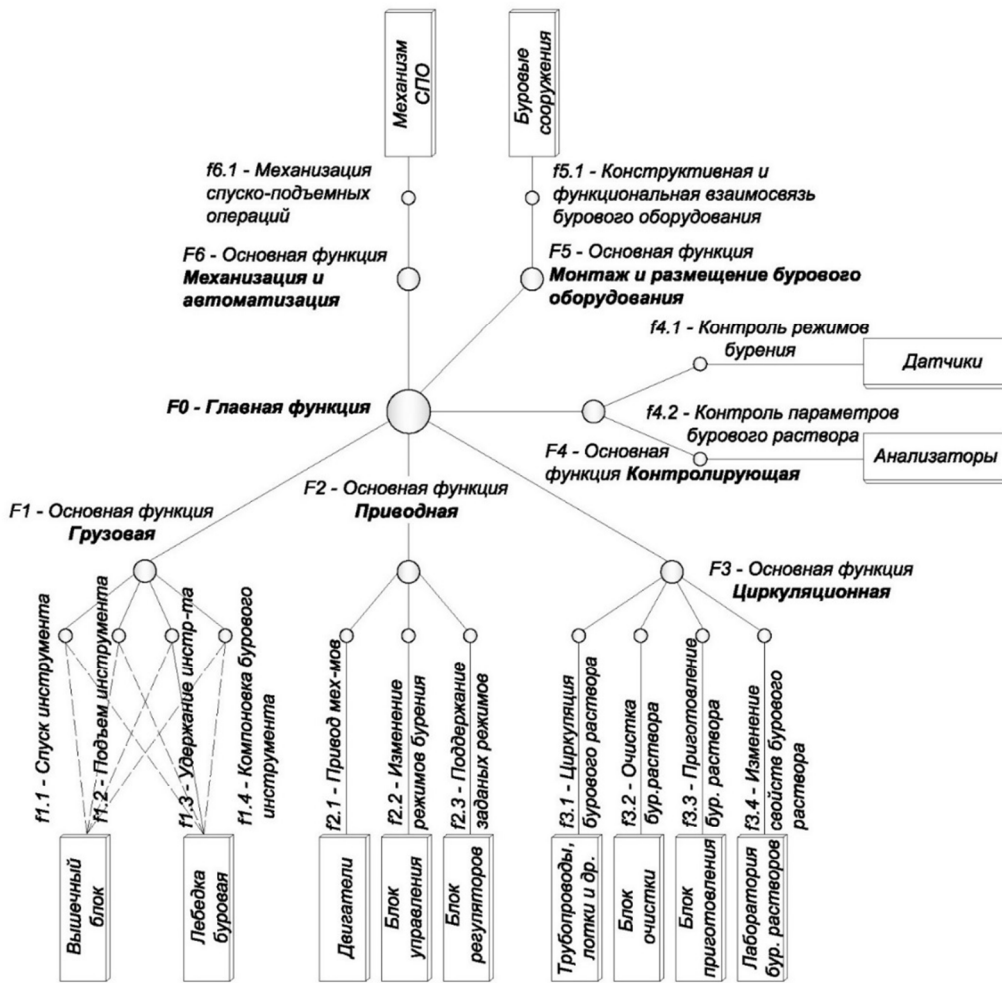


Рисунок 2 – Укрупненная ФСМ работы БУ

Ранжирование относительных функционально-оправданных затрат по функциональным блокам позволяет построить кривую накопленных затрат по всей функциональной структуре БУ (рис. 3).

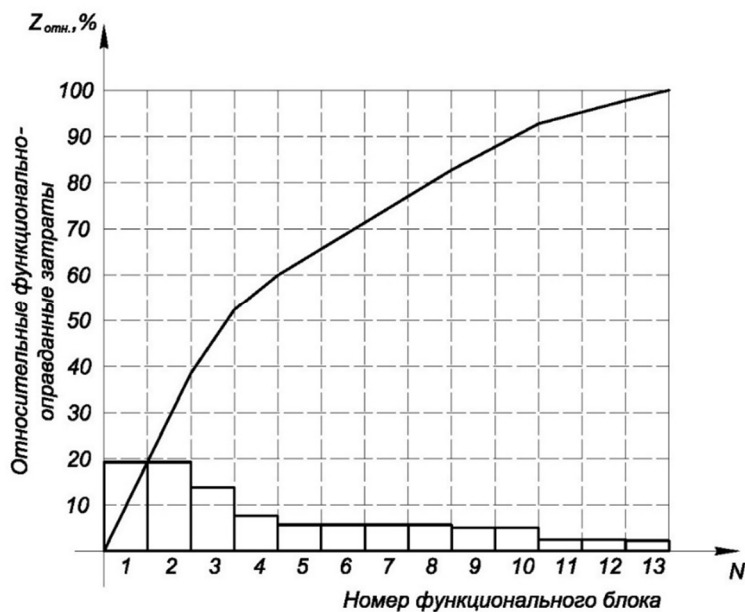


Рисунок 3 – Кривая накопленных затрат по функциональной структуре БУ

В результате установлено, что:

1. Функционально-оправданные затраты для приобретения БУ с необходимой структурой для производства буровых работ зависят от набора функциональных блоков, состав которых определяется технологическими операциями для данной конструкции скважины.

2. Разработка функционально-математической модели позволяет определить комплекс необходимых и достаточных функций, реализуемых исполнительными механизмами БУ. Определение необходимых функций из числа возможных позволяет сократить экономические издержки при строительстве скважин. Таким образом, отсекаются «лишние» функции оборудования и их материальные носители (функциональные блоки) и наоборот, обеспечивается ввод необходимых и достаточных элементов.

3. Разработанная ФСМ работы БУ позволяет проводить выбор БУ при наличии баз данных по функциональным блокам.

Литература:

1. Басарыгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. Бурение нефтяных и газовых скважин: учеб. пособие для вузов. – М. : ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. – 632 с.

2. Ципес Г.Л., Товб А.С. Менеджмент проектов в практике современной компании. – М. : ЗАО «Олимп-Бизнес», 2006. – 304 с.

3. Федеральная служба государственной статистики : офиц. сайт. – М., 2020. – URL: https://www.gks.ru/bgd/free/b04_03/IssWWW.exe/Stg/d04/33.htm

4. Роль количественной оценки потенциальных ресурсов углеводородов Российской Федерации при планировании и проведении геологоразведочных работ на нефть и газ : презентация / А.И. Варламов, А.П. Афанасенков, В.И. Пороскун и др. ; ФГУП «ВНИГНИ». – М., 2013. – URL : <http://www.rosnedra.gov.ru/data/Files/File/2586.pdf>

5. Янин А.Н. Ретроспективный обзор показателей разработки крупнейших месторождений Западной Сибири // Бурение и нефть. – 2010. – № 7–8. – URL : <https://burneft.ru/archive/issues/2010-07-08/17>

6. Геология и разработка крупнейших и уникальных нефтяных и нефтегазовых месторождений России : в 2 т. – М. : ВНИИОЭНГ, 1996. – Т. 2. – 352 с.

7. Западная Сибирь: бурить нельзя останавливаться // Нефтегазовая вертикаль. – 2019. – № 12. – URL : <http://www.ngv.ru/magazines/article/zapadnaya-sibir-burit-nelzya-ostanavlivatsya>

8. Журнал Neftegas.ru. – 2013 «Буровые тренды». – № 3. – URL : <https://magazine.neftegaz.ru/articles/rynok/634069-burovye-trendy/>

9. Эпштейн В.Е. Буровое оборудование. Основные направления развития и совершенствования // Журнал Бурение и нефть. – Апрель 2016. – URL : <https://burneft.ru/archive/issues/2016-04/4>

10. Каталог плунжерных насосов высокого давления производства WEIR SPM, 2020 г.

11. Парнивода Ю.Л. Автоматизированные гидравлические буровые установки компании Drillmec (Италия) – установки нового поколения. – URL : <https://burneft.ru/archive/issues/2010-11/14>.

12. Исследование рынка буровых установок в нефтегазовой отрасли России, ООО АТ Консалтинг, Москва, 7-е обновление.

13. Обзор нефтесервисного рынка России-2019, Исследовательский центр компании «Делойт» в СНГ, Москва.

14. Воробьев А.Е. Техничко-технологическое состояние буровой подотрасли России : монография. – М. : РУДН, 2016. – 188 с.

15. Рынок буровых установок в России – 2020. Показатели и прогнозы TEBIZ

GROUP, 2020 г.

16. ИНК закупит добротные буровые установки HR500 немецкой Bentec // журнал Нефтегаз.ru. – 2019.

17. RPI Аналитический отчет, Буровое оборудование: комплексный анализ рынка РФ, ключевые игроки, прогноз до 2030 года, 2018.

18. Буткин В.Д., Демченко И.И. Буровые машины и инструменты. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2010. – 236 с.

19. Гилев А.В., Шигин А.О. Повышение эффективности эксплуатации буровой техники на горных предприятиях / Сиб. федер. ун-т, Ин-т горн. дела, геологии и геотехнологий. – Красноярск : СФУ, 2013. – 370 с.

20. Буровые комплексы. Современные технологии и оборудование / А.М. Гусман, К.П. Порожский и др. – Екатеринбург : УГГГА, 2002. – 577 с.

21. Кардыш В.Г., Окмянский А.С. Методы оценки технического уровня буровых станков и их энергетические характеристики. Обзор. – М. : ВИЭМС, 1972.

22. Крохмаль Н.И. Рациональная компоновка оборудования буровых установок на основе количественной оценки ее качества: Дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1991.

23. Буткин и др. Выбор и рациональная эксплуатация буровых инструментов и станков на карьерах : монография / под общ. ред. В.Д. Буткина, А.В. Гилёва. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2010. – 236 с.

24. Американский национальный стандарт ANSI/API 8A-92, утвержден 12 июля 1993 г. «Спецификация на буровое и эксплуатационное спуско-подъемное оборудование».

25. Ефимченко С.И. Расчеты ресурса несущих элементов буровых установок. – М. : РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2001. – 171 с.

26. Нескормных В.В. Проектирование скважин на твердые полезные ископаемые: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М; Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2015. – 327 с.

27. ГОСТ 16293-89 Установки буровые комплектные для эксплуатационного и глубокого разведочного бурения. основные параметры.

References:

1. Basarygin Y.M., Bulatov A.I., Proselkov Y.M. Drilling of oil and gas wells: textbook for universities. – М. : ООО Nedra-Business Center, 2002. – 632 p.

2. Tsipes G.L., Tovb A.S. Project Management in the practice of a modern company. – Moscow : Olimp-Business CJSC, 2006. – 304 p.

3. Federal Service of State Statistics : official site. – М., 2020. – URL : https://www.gks.ru/bgd/free/b04_03/IssWWW.exe/Stg/d04/33.htm

4. Role of quantitative assessment of potential hydrocarbon resources of the Russian Federation in planning and conducting oil and gas exploration : presentation / A.I. Varlamov, A.P. Afanasenkov, V.I. Poroskun et al. ; FGUP VNIGNI. – М., 2013. – URL : <http://www.rosnedra.gov.ru/data/Files/File/2586.pdf>

5. Yanin A.N. Retrospective review of development indicators of the largest fields in Western Siberia // Drilling and Oil. – 2010. – № 7-8. – URL : <https://burneft.ru/archive/issues/2010-07-08/17>

6. Geology and development of the largest and unique oil and gas fields in Russia : in 2 vols. – М. : VNIIOENG, 1996. – V. 2. – 352 p.

7. Western Siberia: drilling cannot be stopped // Neftegazovaya Vertikal. – 2019. – № 12. – URL : <http://www.ngv.ru/magazines/article/zapadnaya-sibir-burit-nelzya-ostanavlivatsya>

8. Neftegas.ru magazine. – 2013 Drilling Trends. – № 3. – URL : <https://magazine.neftegaz.ru/articles/rynok/634069-burovye-trends/>

Epshtein V.E. Drilling equipment. Main directions of development and improvement // Journal of Drilling and Oil. – April 2016. – URL : <https://burneft.ru/archive/issues/2016-04/4>

10. Catalog of high-pressure plunger pumps manufactured by WEIR SPM, 2020.
11. Parnivoda Y.L. Automated hydraulic drilling rigs of Drillmec (Italy) – new generation units. – URL : <https://burneft.ru/archive/issues/2010-11/14>).
12. Market research of drilling rigs in the oil and gas industry in Russia, AT Consulting Ltd, Moscow, 7th update.
13. Russian Oilfield Services Market Review 2019, Deloitte CIS Research Center, Moscow.
14. Vorobyev A.E. Technical and technological state of the Russian drilling sub-sector : monograph. – M. : RUDN, 2016. – 188 p.
15. Drilling rig market in Russia – 2020. Indicators and forecasts of TEBIZ GROUP, 2020.
16. INK will purchase good-quality HR500 drilling rigs from German Bentec // Neftegaz.ru magazine. – 2019.
17. RPI Analytical Report, Drilling equipment: Comprehensive analysis of the Russian market, key players, forecast to 2030, 2018.
18. Butkin V.D., Demchenko I.I. Drilling machines and tools. – Krasnoyarsk : Siberian Federal University, 2010. – 236 p.
19. Gilev A.V., Shigin A.O. Increasing the efficiency of operation of drilling equipment at mining enterprises / Siberian Federal University, Inst. of Mining, Geology and Geotechnology. – Krasnoyarsk : Siberian Federal University, 2013. – 370 p.
20. Drilling complexes. Modern Technologies and Equipment / A.M. Gusman, K.P. Porozhsky et al. – Yekaterinburg : UGGA, 2002. – 577 p.
21. Kardysh V.G., Okmyansky A.S. Methods of evaluation of technical level of drilling rigs and their energy characteristics. Review. – M. : WIEEMS, 1972.
22. Krohmal N.I. Rational layout of drilling rig equipment on the basis of quantitative evaluation of its quality: Dissertation. Candidate of Technical Sciences. – M., 1991.
23. Butkin et al. Selection and rational operation of drilling tools and rigs in open pits : a monograph / under general ed. by V.D. Butkin, A.V. Gilyov. – Krasnoyarsk : Siberian Federal University, 2010. – 236 p.
24. American National Standard ANSI/API 8A-92, approved July 12, 1993 "Specification for the drilling and production lowering and lifting equipment.
25. Efimchenko S.I. Calculation of service life of bearing elements of drilling rigs. – Moscow : Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2001. – 171 p.
26. Nesokromnykh V.V. Designing wells for solid minerals: a training manual. – 2nd edition, revised and extended – M. : INFRA-M; Krasnoyarsk : Siberian Federal University, 2015. – 327 p.
27. GOST 16293-89 Complete drilling rigs for production and deep exploratory drilling. basic parameters.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ СЕДЬМОГО ПОРЯДКА С КРАТНЫМИ КОРНЯМИ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ

DETERMINATION OF TRANSITIONAL CHARACTERISTICS OF THE SEVENTH ORDER SYSTEM WITH DIFFERENT ROOTS OF THE CHARACTERISTIC EQUATION

Добробаба Юрий Петрович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий,
Кубанский государственный технологический университет
dobrobabaup@mail.ru

Асланова Диана Александровна

студент кафедры электроснабжение промышленных предприятий,
Кубанский государственный технологический университет
motorhead.2000@mail.ru

Аннотация. Определены переходные характеристики систем седьмого порядка с кратными корнями характеристического уравнения с полиномом нулевой степени числителя передаточной функции.

Ключевые слова: переходная характеристика, характеристическое уравнение системы седьмого порядка, корни характеристического уравнения.

Dobrobaba Yuri Petrovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Power Supply of Industrial Enterprises,
Kuban State Technological University
dobrobabaup@mail.ru

Aslanova Diana Alexandrovna

Student of the department of power supply of industrial enterprises,
Kuban State Technological University
motorhead.2000@mail.ru.

Annotation. Transient characteristics of systems of the seventh order with multiple roots of the characteristic equation with a polynomial of zero degree of the numerator of the transfer function are determined.

Keywords: transient response, characteristic equation of the seventh order system, roots of the characteristic equation.

Ранее в работах [1–5] были получены передаточные характеристики для систем второго, третьего, четвертого, пятого и шестого порядков с кратными корнями характеристических уравнений.

Передаточная функция системы седьмого порядка с кратными корнями характеристического уравнения имеет вид:

$$W_{70}(p) = \frac{1}{(T_1 p + 1)^7},$$

где T_1 – постоянная времени полинома знаменателя передаточной функции седьмого порядка.

Корни характеристического уравнения системы седьмого порядка с кратными корнями характеристического уравнения:

$$P_{1\div 7} = -\frac{1}{T_1}.$$

Переходная характеристика системы седьмого порядка с кратными корнями характеристического уравнения и её шесть производных имеют вид:

$$\begin{aligned} h_{70}(t) &= K_1 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + K_2 \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + K_3 \cdot t^2 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + K_4 \cdot t^3 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ &\quad + K_5 \cdot t^4 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + K_6 \cdot t^5 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + K_7 \cdot t^6 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + K_8; \\ h_{70}^{(1)}(t) &= \left(-\frac{K_1}{T_1} + K_2\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \left(-\frac{K_2}{T_1} + 2K_3\right) \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ &\quad + \left(-\frac{K_3}{T_1} + 3K_4\right) \cdot t^2 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \left(-\frac{K_4}{T_1} + 4K_5\right) \cdot t^3 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ &\quad + \left(-\frac{K_5}{T_1} + 5K_6\right) \cdot t^4 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \left(-\frac{K_6}{T_1} + 6K_7\right) \cdot t^5 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{K_7}{T_1} \cdot t^6 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}}; \\ h_{50}^{(2)}(t) &= \left(\frac{K_1}{T_1^2} - 2 \cdot \frac{K_2}{T_1} + 2K_3\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \left(\frac{K_2}{T_1^2} - 4 \cdot \frac{K_3}{T_1} + 6K_4\right) \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ &\quad + \left(\frac{K_3}{T_1^2} - 6 \cdot \frac{K_4}{T_1} + 12K_5\right) \cdot t^2 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \left(\frac{K_4}{T_1^2} - 8 \cdot \frac{K_5}{T_1} + 20K_6\right) \cdot t^3 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ &\quad + \left(\frac{K_5}{T_1^2} - 10 \cdot \frac{K_6}{T_1} + 30K_7\right) \cdot t^4 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \left(\frac{K_6}{T_1^2} - 12 \cdot \frac{K_7}{T_1}\right) \cdot t^5 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ &\quad + \frac{K_7}{T_1^2} \cdot t^6 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}}; \\ h_{70}^{(3)}(t) &= \left(-\frac{K_1}{T_1^3} + 3 \cdot \frac{K_2}{T_1^2} - 6 \cdot \frac{K_3}{T_1} + 6K_4\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ &\quad + \left(-\frac{K_2}{T_1^3} + 6 \cdot \frac{K_3}{T_1^2} - 18 \cdot \frac{K_4}{T_1} + 24K_5\right) \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ &\quad + \left(-\frac{K_3}{T_1^3} + 9 \cdot \frac{K_4}{T_1^2} - 36 \cdot \frac{K_5}{T_1} + 60K_6\right) \cdot t^2 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ &\quad + \left(-\frac{K_4}{T_1^3} + 12 \cdot \frac{K_5}{T_1^2} - 60 \cdot \frac{K_6}{T_1} + 120K_7\right) \cdot t^3 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ &\quad + \left(-\frac{K_5}{T_1^3} + 15 \cdot \frac{K_6}{T_1^2} - 90 \cdot \frac{K_7}{T_1}\right) \cdot t^4 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \left(-\frac{K_6}{T_1^3} + 18 \cdot \frac{K_7}{T_1^2}\right) \cdot t^5 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \\ &\quad - \frac{K_7}{T_1^3} \cdot t^6 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}}; \\ h_{70}^{(4)}(t) &= \left(\frac{K_1}{T_1^4} - 4 \cdot \frac{K_2}{T_1^3} + 12 \cdot \frac{K_3}{T_1^2} - 24 \cdot \frac{K_4}{T_1} + 24K_5\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ &\quad + \left(\frac{K_2}{T_1^4} - 8 \cdot \frac{K_3}{T_1^3} + 36 \cdot \frac{K_4}{T_1^2} - 96 \cdot \frac{K_5}{T_1} + 120K_6\right) \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ &\quad + \left(\frac{K_3}{T_1^4} - 12 \cdot \frac{K_4}{T_1^3} + 72 \cdot \frac{K_5}{T_1^2} - 240 \cdot \frac{K_6}{T_1} + 360K_7\right) \cdot t^2 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ &\quad + \left(\frac{K_4}{T_1^4} - 16 \cdot \frac{K_5}{T_1^3} + 120 \cdot \frac{K_6}{T_1^2} - 480 \cdot \frac{K_7}{T_1}\right) \cdot t^3 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ &\quad + \left(\frac{K_5}{T_1^4} - 20 \cdot \frac{K_6}{T_1^3} + 180 \cdot \frac{K_7}{T_1^2}\right) \cdot t^4 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ &\quad + \left(\frac{K_6}{T_1^4} - 24 \cdot \frac{K_7}{T_1^3}\right) \cdot t^5 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{K_7}{T_1^4} \cdot t^6 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
h_{70}^{(5)}(t) &= \left(-\frac{K_1}{T_1^5} + 5 \cdot \frac{K_2}{T_1^4} - 20 \cdot \frac{K_3}{T_1^3} + 60 \cdot \frac{K_4}{T_1^2} - 120 \cdot \frac{K_5}{T_1} + 120K_6 \right) \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\
&+ \left(-\frac{K_2}{T_1^5} + 10 \cdot \frac{K_3}{T_1^4} - 60 \cdot \frac{K_4}{T_1^3} + 240 \cdot \frac{K_5}{T_1^2} - 600 \cdot \frac{K_6}{T_1} + 720K_7 \right) \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\
&+ \left(-\frac{K_3}{T_1^5} + 15 \cdot \frac{K_4}{T_1^4} - 120 \cdot \frac{K_5}{T_1^3} + 600 \cdot \frac{K_6}{T_1^2} - 1800 \cdot \frac{K_7}{T_1} \right) \cdot t^2 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\
&+ \left(-\frac{K_4}{T_1^5} + 20 \cdot \frac{K_5}{T_1^4} - 200 \cdot \frac{K_6}{T_1^3} + 1200 \cdot \frac{K_7}{T_1^2} \right) \cdot t^3 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\
&+ \left(-\frac{K_5}{T_1^5} + 25 \cdot \frac{K_6}{T_1^4} - 300 \cdot \frac{K_7}{T_1^3} \right) \cdot t^4 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\
&+ \left(-\frac{K_6}{T_1^5} + 30 \cdot \frac{K_7}{T_1^4} \right) \cdot t^5 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{K_7}{T_1^5} \cdot t^6 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}}; \\
h_{70}^{(6)}(t) &= \left(\frac{K_1}{T_1^6} - 6 \cdot \frac{K_2}{T_1^5} + 30 \cdot \frac{K_3}{T_1^4} - 120 \cdot \frac{K_4}{T_1^3} + 360 \cdot \frac{K_5}{T_1^2} - 720 \cdot \frac{K_6}{T_1} + 720K_7 \right) \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\
&+ \left(\frac{K_2}{T_1^6} - 12 \cdot \frac{K_3}{T_1^5} + 90 \cdot \frac{K_4}{T_1^4} - 480 \cdot \frac{K_5}{T_1^3} + 1800 \cdot \frac{K_6}{T_1^2} - 4320 \cdot \frac{K_7}{T_1} \right) \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\
&+ \left(\frac{K_3}{T_1^6} - 18 \cdot \frac{K_4}{T_1^5} + 180 \cdot \frac{K_5}{T_1^4} - 1200 \cdot \frac{K_6}{T_1^3} + 5400 \cdot \frac{K_7}{T_1^2} \right) \cdot t^2 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\
&+ \left(\frac{K_4}{T_1^6} - 24 \cdot \frac{K_5}{T_1^5} + 300 \cdot \frac{K_6}{T_1^4} - 2400 \cdot \frac{K_7}{T_1^3} \right) \cdot t^3 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\
&+ \left(\frac{K_5}{T_1^6} - 30 \cdot \frac{K_6}{T_1^5} + 450 \cdot \frac{K_7}{T_1^4} \right) \cdot t^4 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\
&+ \left(\frac{K_6}{T_1^6} - 36 \cdot \frac{K_7}{T_1^5} \right) \cdot t^5 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{K_7}{T_1^6} \cdot t^6 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}}.
\end{aligned}$$

Так как начальные и конечные значения передаточной функции седьмого порядка (с точки зрения физики) имеют вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} h_{70}(0) = 0; \\ h_{70}^{(1)}(0) = 0; \\ h_{70}^{(2)}(0) = 0; \\ h_{70}^{(3)}(0) = 0; \\ h_{70}^{(4)}(0) = 0; \\ h_{70}^{(5)}(0) = 0; \\ h_{70}^{(6)}(0) = 0; \\ h_{70}(\infty) = 1, \end{array} \right.$$

а начальные и конечные значения передаточной функции седьмого порядка (с точки зрения математики) имеют вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} h_{70}(0) = K_1 + K_8; \\ h_{70}^{(1)}(0) = -\frac{K_1}{T_1} + K_2; \\ h_{70}^{(2)}(0) = \frac{K_1}{T_1^2} - 2 \cdot \frac{K_2}{T_1} + 2K_3; \\ h_{70}^{(3)}(0) = -\frac{K_1}{T_1^3} + 3 \cdot \frac{K_2}{T_1^2} - 6 \cdot \frac{K_3}{T_1} + 6K_4; \\ h_{70}^{(4)}(0) = \frac{K_1}{T_1^4} - 4 \cdot \frac{K_2}{T_1^3} + 12 \cdot \frac{K_3}{T_1^2} - 24 \cdot \frac{K_4}{T_1} + 24K_5; \\ h_{70}^{(5)}(0) = -\frac{K_1}{T_1^5} + 5 \cdot \frac{K_2}{T_1^4} - 20 \cdot \frac{K_3}{T_1^3} + 60 \cdot \frac{K_4}{T_1^2} - 120 \cdot \frac{K_5}{T_1} + 120K_6; \\ h_{70}^{(6)}(0) = \frac{K_1}{T_1^6} - 6 \cdot \frac{K_2}{T_1^5} + 30 \cdot \frac{K_3}{T_1^4} - 120 \cdot \frac{K_4}{T_1^3} + 360 \cdot \frac{K_5}{T_1^2} - 720 \cdot \frac{K_6}{T_1} + 720K_7; \\ h_{70}(\infty) = K_8, \end{array} \right.$$

то справедливы соотношения:

$$K_8 = 1;$$

$$\left\{ \begin{array}{l} K_1 + 1 = 0; \\ \frac{1}{T_1} + K_2 = 0; \\ -\frac{1}{T_1^2} - \frac{2}{T_1^2} + 2K_3 = 0; \\ \frac{1}{T_1^3} - \frac{3}{T_1^3} + \frac{3}{T_1^3} + 6K_4 = 0; \\ -\frac{1}{T_1^4} + \frac{4}{T_1^4} - \frac{6}{T_1^4} + \frac{4}{T_1^4} + 24K_5 = 0; \\ \frac{1}{T_1^5} - \frac{5}{T_1^5} + \frac{10}{T_1^5} - \frac{10}{T_1^5} + \frac{5}{T_1^5} + 120K_6 = 0; \\ -\frac{1}{T_1^6} + \frac{6}{T_1^6} - \frac{15}{T_1^6} + \frac{20}{T_1^6} - \frac{15}{T_1^6} + \frac{6}{T_1^6} - 720K_7 = 0. \end{array} \right.$$

$$K_1 = -1;$$

$$K_2 = -\frac{1}{T_1};$$

$$K_3 = -\frac{1}{2T_1^2};$$

$$K_4 = -\frac{1}{6T_1^3};$$

$$K_5 = -\frac{1}{24T_1^4};$$

$$K_6 = -\frac{1}{120T_1^5};$$

$$K_7 = -\frac{1}{720T_1^6}.$$

Таким образом, переходная характеристика системы седьмого порядка с кратными корнями характеристического уравнения равна:

$$h_{70}(t) = -e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{t}{T_1} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{t^2}{2T_1^2} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{t^3}{6T_1^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{t^4}{24T_1^4} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{t^5}{120T_1^5} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{t^6}{720T_1^6} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + 1.$$

Литература:

1. Добробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Серкин А.Д. Анализ переходных характеристик системы второго порядка с кратными корнями характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 405–410.
2. Добробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Серкин А.Д. Анализ переходных характеристик системы третьего порядка с кратными корнями характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 411–416.
3. Добробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Серкин А.Д. Анализ переходных характеристик системы четвертого порядка с кратными корнями характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 417–422.
4. Добробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Серкин А.Д. Анализ переходных характеристик системы пятого порядка с кратными корнями характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 423–429.

5. Добробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Серкин А.Д. Анализ переходных характеристик системы шестого порядка с кратными корнями характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 430–437.

References:

1. Dobrobaba Y.P., Murlin A.G, Serkin A.D. Analysis of the transient characteristics of a second-order system with multiple roots of the characteristic equation // Science. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2019. – № 1. – P. 405–410.

2. Dobrobaba Y.P., Murlin A.G, Serkin A.D. Analysis of the transient characteristics of a third-order system with multiple roots of the characteristic equation // Science. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2019. – № 1. – P. 411–416.

3. Dobrobaba Y.P., Murlin A.G, Serkin A.D. Analysis of the transient characteristics of a fourth-order system with short roots of the characteristic equation // Science. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2019. – № 1. – P. 417–422.

4. Dobrobaba Y.P., Murlin A.G, Serkin A.D. Analysis of the transient characteristics of a fifth-order system with multiple roots of the characteristic equation // Science. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2019. – № 1. – P. 423–429.

5. Dobrobaba Y.P., Murlin A.G, Serkin A.D. Analysis of the transient characteristics of the sixth order system with multiple roots of the characteristic equation // Science. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2019. – № 1. – P. 430–437.

ГИБРИДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ

HYBRID TECHNOLOGIES FOR EXTRACTION OF HIGH-VISCOSITY OIL

Антониади Дмитрий Георгиевич

доктор технических наук,
профессор кафедры Нефтегазового дела им. Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный технологический университет
dg@antoniadi.com

Джалалов К.Э.

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В данной статье рассматриваются способы воздействия на пласт для увеличения нефтеотдачи.

Ключевые слова: паротепловое воздействие, высоковязкая нефть, термические методы, пласт.

Antoniadi Dmitry Georgievich

Doctor of Technical Sciences,
Professor of the G.T. Vartumyan Department of Oil and Gas,
Kuban State Technological University
dg@antoniadi.com

Jalalov K.E.

Kuban State Technological University

Annotation. This article discusses ways to influence the reservoir to increase oil recovery.

Keywords: steam-thermal effect, high-viscosity oil, thermal methods, formation.

Запасы высоковязкой нефти (ВВН) в России составляют более 6 млрд. т. Их эффективная выработка возможна лишь с применением технологий теплового воздействия на пласт, обеспечивающих достаточно высокие значения коэффициента нефтеизвлечения – 35–40 %, тогда как на режиме истощения или при заводнении аналогичный показатель не превышает 5–12 %.

Несмотря на практическую безальтернативность применения теплового воздействия на пласт при решении проблем интенсификации добычи и увеличения нефтеотдачи залежей с высоковязкими нефтями, эти технологии энергозатратны и имеют ряд ограничений. Предложенные отечественными исследователями энергосберегающие технологии, основанные на сочетании тепловых методов с воздействием активными агентами направлены на расширение области применения тепловых методов для выработки трудноизвлекаемых запасов ВВН. Рассмотрим некоторые из них.

Технология паротеплового воздействия в сочетании с воздействием растворителя

Способствует организации в пласте частично смешивающегося вытеснения при нагнетании в пласт оторочек пара и растворителя. За фронтом вытеснения растворитель испаряется из остаточной нефти и переносится из зоны пара в зону горячей воды, способствуя активному вытеснению нефти.

Реализация технологии предусматривает:

- фазу предварительного прогрева пласта и последующее циклическое нагнетание пара и растворителя в соотношении 5 : 1;
- образование зоны смешивания в пластовых условиях с соотношением вязкостей вытесняемого и вытесняющего агентов в пределах 30–50.

Коэффициент вытеснения нефти возрастает на 8–11%. При достижении равного с паротепловым воздействием значения коэффициента вытеснения энергозатраты сокращаются в 1,75 раза.

Технология воздействия на пласт в сочетании с воздействием карбамида

При реализации термических методов в пласте происходят процессы самообразования определенных агента, как, например, ПАВ, щелочь, CO_2 , но их количество минимально и не оказывает влияние на повышение эффективности процесса вытеснения. В то же время известно достаточное количество химических продуктов, применяемых в других областях, к примеру, карбамид, при закачке которого в разогретый пласт с температурой более 150°C выделяется при разложении 1 т $746,6 \text{ м}^3$ аммиака и $373,3 \text{ м}^3$ углекислого газа. Установлено, что при закачке в разогретый пласт водного раствора карбамида существенно увеличиваются (до 10 раз) фильтрационные сопротивления в сравнении с фильтрацией пресной воды, что обусловлено образованием двухфазной системы вода-газ (CO_2 -аммиак), которые снижаются с увеличением давления нагнетания за счет снижения доли газовой фазы в двухфазной системе. То есть, при совместном воздействии на пласт теплоносителем и карбамидом не только увеличивается коэффициент вытеснения нефти, но и регулируется охват пласта как по площади, так и по толщине вследствие роста фильтрационных сопротивлений при двухфазном течении водогазовой смеси в зоне повышенных температур, а также за счет эффекта образования стойкой высоковязкой эмульсии при взаимодействии раствора аммиака с тяжелыми компонентами нефти.

Рассматриваемая технология позволяет сократить энергозатраты на прогрев пласта в объеме 30 % нагнетаемого пара. Наибольший прирост коэффициента вытеснения при наименьших затратах карбамида достигается при закачке 30 % раствора в объеме 0,05 порового объема. Технологическая эффективность при этом оценивается в $1,25 \text{ м}^3$ нефти на 1 м^3 раствора карбамида 30 % концентрации.

Фактический технологический эффект при реализации технологии оказался существенно выше эффекта, определенного по результатам лабораторных исследований – 19,3 и 3 т на 1 т карбамида соответственно. Это объясняется увеличением охвата пласта как по толщине, так и по площади, на что, в частности, указывает увеличение добычи нефти по скважинам, ранее не реагирующим на закачку пара.

Технология воздействия на пласт теплоносителями в сочетании с закачкой пара

Добавление газа к теплоносителю приводит к возникновению трехфазного потока, более интенсивному перемещению передней границы тепловой волны, так как часть объема, занятого теплоносителем, замещается газовой фазой.

Экспериментально доказано, что при вытеснении нефти паром часть нефти испаряется, переносится к фронту вытеснения, где конденсируясь действует как растворитель, увеличивая коэффициент вытеснения, а следовательно и нефтеотдачу пласта. Эффективное испарение легких фракций нефти и их перенос к фронту вытеснения возможны только при наличии паровой (газовой) фазы. В реальном пласте газовая фаза имеет небольшие размеры по сравнению с возможной зоной конденсации. Совместная закачка теплоносителя и газа позволит существенно увеличить объем зоны испарения нефти.

Существенное снижение вязкости нефти, основного фактора увеличения нефтеотдачи при тепловом воздействии, происходит при достижении пластовой температуры 80–100 °С. Поэтому снижение температуры при добавлении газовой фазы не должно вызывать отрицательных эффектов. При этом достигается более эффективное использование вводимого тепла за счет снижения теплотерь в окружающие породы.

Совместная закачка в пласт теплоносителя и газа приводит к существенному снижению энергозатрат в сравнении с нагнетанием только пара. Так, для прогрева модели пласта до 100 °С во втором случае требовалось ввести в 1,3 раза больше тепловой энергии.

Экспериментальные и промысловые эксперименты по сравнению пароциклических обработок призабойных зон пласта и обработок с комбинированным теплоносителем (пар + азот + газы горения) позволяют выделить следующие основные преимущества гибридной технологии:

Закачка неконденсируемого газа вместе с паром позволяет предотвратить сжимающие зоны пара в период паропропитки коллектора. При реализации комбинированного парогазового воздействия в момент пуска скважины в эксплуатацию по окончании паропропитки в пласте существует псевдогазонапорный режим, который совместно с гравитационным режимом пласта обеспечивает более эффективную добычу пластовой жидкости. Растворяясь в нефти, углекислый газ способствует снижению ее вязкости.

Закачка CO₂ одновременно с паром оказывает положительное влияние на коэффициент вытеснения нефти. Повышается темп отбора жидкости из пласта, понижаются паронефтяной и водонефтяной факторы.

Основные преимущества парогазового воздействия:

- Улучшение соотношения подвижностей нефти и воды за счет растворения в ней CO₂, вследствие которого вязкость нефти уменьшается, вязкость воды увеличивается.
- Поддержание пластового давления за счет содержания в парогазовой смеси неконденсируемого газа – азота.
- Объемное расширение нефти за счет растворения в ней CO₂.
- Уменьшение межфазного натяжения на границе нефть-вода и нефть-порода за счет растворения CO₂ во флюидах возможность реализации парогазового воздействия на завершающей стадии разработки при высокой обводненности, минимизация вредных выбросов в атмосферу и снижение затрат на выработку агента.

Литература:

1. Комбинированные технологии разработки нефтяных месторождений тепловыми методами в сочетании с воздействием активными агентами / А.А. Баусин [и др.] // Состояние и перспективы научных и производственных работ в ОАО «РМНТК «Нефтеотдача». – М. : ОАО «РМНТК «Нефтеотдача», 2001. – С. 115–123.
2. Антониади Д.Г., Джалалов К.Э., Орлов Г.И. Парогазовое воздействие на пласт // Альманах мировой науки: научный журнал. – 2017. – № 5. – С. 33–42.

References:

1. Combined technologies of oil fields development by heat methods in combination with exposure to active agents / A.A. Bausin [and others] // State and prospects of scientific and production work in JSC «RMNTK «Nefteotdacha». – M. : JSC «RMNTK» Nefteotdacha”, 2001. – P. 115–123.
2. Antoniadis D.G., Jalalov K.E., Orlov G.I. Steam-gas impact on the reservoir // Almanac of World Science: scientific journal. – 2017. – № 5. – P. 33–42.

САМОПОДЪЕМНЫЕ БУРОВЫЕ ПЛАВУЧИЕ УСТАНОВКИ – ИХ НАЗНАЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА В МОРСКОМ БУРЕНИИ

JACK-UP DRILLING RIGS – THEIR PURPOSE AND MAIN ADVANTAGES IN OFFSHORE DRILLING

Близнюков Владимир Юрьевич

доктор технических наук, профессор, академик РАЕН,
гл. редактор журнала
«Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море»
v_bliznukov@rosneft.ru

Гаджиев Натик Рамиз оглы

кандидат технических наук, консультант по бурению,
«Умид Бабек Оперейшинг Компани»
hajjyevnatic@yahoo.com

Аннотация. Представлено назначение и основные параметры буровых установок типа СБПУ и история их разработки, приведены конструктивные решения и особенности данных буровых установок, используемые в разные годы на морских структурах, отмечается их значимость при разработке морских перспективных структур.

Ключевые слова: СБПУ, глубина моря, типы установок, опора, плавучая платформа, климатические условия.

Bliznyukov Vladimir Yurievich

Dr. of tech. sci., Professor, academician of RANS,
Editor-in-Chief, Journal «Construction of Oil and Gas Wells onshore and offshore»
v_bliznukov@rosneft.ru

Hajjiev Natig Ramiz

Cand. of tech. sci., Drilling Advisor,
«Umid Babek Operating Company»
hajjyevnatic@yahoo.com

Annotation. the purpose and main parameters Jack-Up drilling rig and history of their development are submitted, configuration solutions and Rig of features are presented that utilizing in different years on the offshore structures, the significance of the given type of rigs is noted during the development of the offshore perspective structures.

Keywords: Jack-Up Rig, water depth, type of Jack-Up, leg, mobile offshore unit, weather conditions.

С ПБУ (самоподъемные плавучие буровые установки) является плавучим морским судном платформенного типа, предназначенным для работы в условиях континентального шельфа и проведения буровых операций на нефть и газ до глубины порядка 9000–12000 м, при условиях, когда глубины моря достигают почти до 170 м. Основным отличительным преимуществом конструкции СБПУ заключается в том, что при проведении буровых работ она представляет собой устойчивую и неподвижную платформу, которая при необходимости просто и быстро мобилизуется.

Самоподъемные установки можно разделять по их техническим характеристикам и номинальной глубине моря. Три наиболее распространенных типа этих буровых

установок: стандартные, высокотехнологичные и установки, используемые в суровых климатических условиях.

Стандартные СПБУ как правило, обычно имеют низкую грузоподъемность на крюке и буровое оборудование с механическим приводом и минимальной автоматизацией. Эти установки работают на глубине воды менее 90 м. Однако стандартные буровые установки могут выполнять почти ту же работу, что и буровые установки с высокими техническими характеристиками, с гораздо меньшими затратами.

Буровые установки с высокими техническими характеристиками в основном используются в Юго-Восточной Азии, но их популярность растет в странах Персидского залива и в Мексиканском заливе. Установки очень прочные и могут осуществлять бурение в местах, где глубина моря порядка 120м благодаря современным системам автоматизации и буровому оборудованию.

Буровые установки для работы в суровых климатических условиях в основном используются в Северном море. Эти буровые установки предназначены для работы в суровых погодных условиях и на глубине до 150–165 м.

Современные СПБУ состоят из видоизменного треугольного корпуса с тремя опорами треугольной или четырехугольной фермы расстояния на корме, выходя за осевую линию передней опоры, также на соответствующем расстоянии. Различаются буровые установки СПБУ с независимыми опорами, в большинстве случаев, с тремя решетчатой конструкции и с опорной плитой у основания, каждая из которых на нижнем конце оснащена опорным кессоном. Передняя опора расположена на осевой линии судна, а две задние опоры находятся на определенном расстоянии.

Как правило, буровая площадка располагается на основании выше выдвигной консоли, которая передвигается в носовую и кормовую части установки. При этом осевая линия роторного стола, в зависимости от технических параметров установки, может выступать на соответствующую дистанцию от кормы, а сама буровая площадка перемещается в сторону левого и правого борта судна (рис. 1–3).



Рисунок 1 – СПБУ с опорами и башмаком у основания



Рисунок 2 – СПБУ с цилиндрическими опорами

Идея создания плавучей платформы с опорами и корпусом впервые была предложена американцем Сэмюэлем Льюисом в 1870 году. Автор, в то время, зарегистрировал патент на устройство для подводного бурения. В 1944 году в Нормандии, установка нашло свое практическое применение при высадке десантов в ходе Второй мировой войны. Шотландская судостроительная компания «Лобниц» под руководством военного инженера тех времен, полковника Леон Де Лонга изготовила плавающие доки. По-

сле войны, Де Лонг создал собственную компанию, которая стала заниматься разработкой плавучих буровых платформ. Процесс начался со сдачи для нефтяной компании «Magnolia Petroleum» первой установки, состоящей из баржи с шестью опорами «DeLong Rig no.1». Именно по проекту Де Лонга в США в 1953 году была построена первая самоподъемная плавучая буровая установка (рис. 4).



Рисунок 3 – СПБУ с опорной плитой у основания



Рисунок 4 – Платформа Де Лонг в объединенном Западном Ориндже, Техас, 1955 г.

В бывшем Союзе первая плавучая установка была построена и сдана в эксплуатацию в 1959 году, для проведения буровых работ на глубинах моря порядка 7 м и с глубиной скважин в пределах 1200 м [1]. Далее, в 1966 году вводится в эксплуатацию ПБУ «Абшерон» с более улучшенными параметрами [2]. Возможности установки находились по глубине моря до 15м, а для бурения скважин в пределах 1800м. В 1981 году была разработана и введена в эксплуатацию установка современного типа «Азербайджан», самоподъемная плавучая буровая установка с возможностями проведения буровых работ в пределах глубины моря 22 м и бурения скважин в пределах глубины 3000–3600 м (рис. 5–7).



Рисунок 5 – Первая советская самоподъемная плавучая буровая установка (СПБУ) «Апшерон»



Рисунок 6 – Самоподъемная ПБУ «Азербайджан»

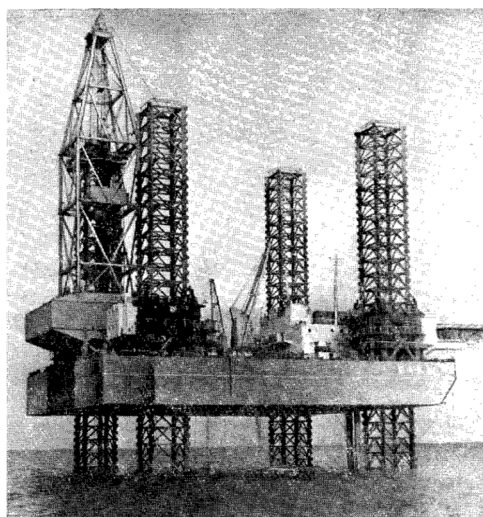


Рисунок 7 – Самоподъемная ПБУ «Бақы»

Если исходить из общей характеристики установки, то Самоподъемная Плавающая Буровая Установка является платформой, с площадкой определенных размеров, которая зависит от комплектации и технических параметров двух основных модулей. Комплект, состоящий вышечного оборудования и комплект, включающий вспомогательное оборудование, которые распределяются по блок-модулям.

Буровые установки самоподъемного типа отличались по конструкции и форме корпуса, числу опор и их исполнению, по конструктивным особенностям подъемных механизмов. На ранних стадиях разработки корпуса выполнялись прямоугольной формы, далее пяти- и шестигранной формы. Современные установки в основном состоят из корпуса, имеющими в плане прямоугольную и треугольную формы. Опоры, в основном трехколонного исполнения круглого и четырехугольного сечения, со сплошными стенами или решетчатых форм, состоящих из трех- и четырехгранных пространственных ферм.

Буровые установки нового поколения способны и оснащены оборудованием для бурения скважин в пределах глубины 9150 м на участках с рабочей глубиной моря в пределах 106–122 м. Самоподъемная ПБУ «Maersk Inspirer» способна проводить буровые работы на морских структурах, где глубина моря достигает 150 м, при глубине проектируемых скважин 9150 м. СПБУ «Maersk Interceptor» и «Maersk Interceptor» еще более модернизированные современные установки, параметры которой позволяют вести бурение в условиях 12200 м, при рабочей глубине моря также 150 м, (рис. 8–10) [3].



Рисунок 8 – Самоподъемная ПБУ «Maersk Integrator» компании Maersk Drilling



Рисунок 9 – Самоподъемная ПБУ «Maersk Highlander» компании Maersk Drilling

СПБУ «Super Gorilla® XL», компании «Keppel LeTourneau» может работать на глубине до 134м в суровых погодных условиях океана или 167 м в умеренных водах (рис. 11).



Рисунок 10 – Самоподъемная ПБУ «Maersk Interceptor» компании Maersk Drilling



Рисунок 11 – Самоподъемная ПБУ «Super Gorilla® XL» компании Keppel LeTourneau

Одной из отличительных особенностей современных проектов на шельфовых структурах является то, что наряду вместе с СПБУ используется мини-платформа, т.е. платформа с ограниченной инфраструктурой и без живого комплекса. В этом случае СПБУ подходит на допустимо-расчетное расстояние к мини-платформе, далее выдвигается консоль установки на устьевую точку платформы и выполняются буровые работы. В зависимости от количества устьевых слотов, консоль может передвигаться в требуемом направлении (рис. 12).

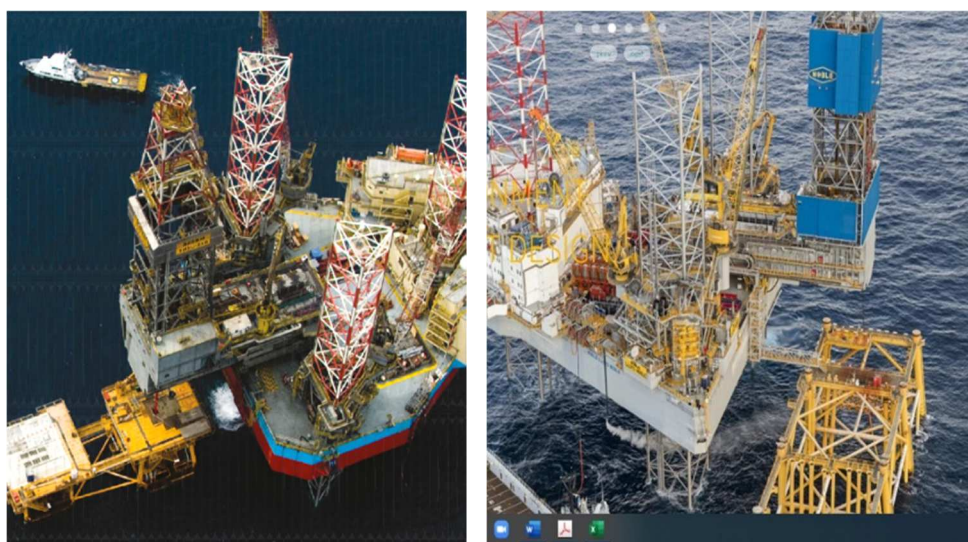


Рисунок 12 – Принцип бурения по сценарию СПБУ поверх мини-платформы

Таким образом, преимуществом применения плавучих буровых установок типа СПБУ является выполнение буровых работ как самостоятельно с проектной точки, так и с подходом к мини-платформе, путем выдвижения консоли на устье скважины и выполнение буровых работ, работ по заканчиванию и по испытанию скважин.

Литература:

1. Самоподъёмные плавучие буровые установки / Ю.А. Агагусейнов [и др.]. – М. : Недра, 1979. – 216 с.
2. <https://fleetphoto.ru/vessel/97788/>
3. www.maerskdirilling.com

Literature:

1. Samopodyemnie plavuchiye burovie ustanovki / Yu.A. Agaguseynov [et. al]. – М. : Nedra, 1979. – 216 p.
2. <https://fleetphoto.ru/vessel/97788/>
3. www.maerskdirilling.com

Научное издание

RESEARCH. ENGINEERING. EXTREME. 2021

**Материалы
Международной научно-практической конференции**

(03 июня 2021 года)

Сборник статей

Статьи публикуются в авторской редакции

Технический редактор – А.С. Семенов
Компьютерная верстка – М.Б. Жаренко
Дизайн обложки – О.Я. Фоменко

Подписано в печать 08.11.2021
Бумага «Снегурочка»
Печ. л. 26,4
Усл. печ. л. 24,5
Уч.-изд. л. 22,1

Формат 60×84 ¹/₈
Печать трафаретная
Изд. № 1204
Тираж 50 экз.
Заказ № 2309

ООО «Издательский Дом – Юг»
350010, г. Краснодар, ул. Зиповская 9, литер «Г», оф. 41/3
тел. +7(918) 41-50-571

e-mail: id.yug2016@gmail.com

Сайт: <http://id-yug.com>