

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»**

# **REFERATOTECH**

**Материалы  
II Международной научно-практической конференции**

**(23 октября 2021 г.)**

**Сборник статей**

Краснодар  
2022

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  
P45

P45 **REFERATOTECH** : материалы II Международной научно-практической конференции (23 октября 2021 г.) : в 2 т. : сборник статей / ФГБОУ ВО «Кубан. гос. технол. ун-т»; Институт «Нефти, газа и энергетики», кафедра «Оборудование нефтяных и газовых промыслов». – Краснодар : Издательский Дом – Юг.  
Т. 1. – 2022. – 284 с.  
ISBN 978-5-91718-687-0 (Т. 1)  
ISBN 978-5-91718-686-3

В сборнике представлены материалы II Международной научно-практической конференции, «Referatotech». Конференция проведена кафедрой оборудования нефтяных и газовых промыслов ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» 23 октября 2021 года для школьников, студентов, бакалавров, магистрантов, аспирантов высших учебных заведений. Данный сборник статей включает научные работы о современных исследованиях в области энергетики, нефтегазового дела, геологии и разработки нефтяных месторождений, методов увеличения нефтеотдачи пластов, проблем науки и образования, математическом моделировании природных и технологических процессов. Сборник предназначен для преподавателей и студентов, аспирантов высших учебных заведений.

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 978-5-91718-687-0 (Т. 1)  
ISBN 978-5-91718-686-3

© Коллектив авторов, 2022  
© ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2022  
© Оформление ООО «Издательский Дом – Юг», 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	11
<b>Аббасов Р.Р., Шиян С.И., Самарин М.А.</b> Возможности водородной энергетики .....	12
<b>Abbasov R.R., Shiyan S.I., Samarin M.A.</b> Possibilities of hydrogen energy	
<b>Абдурашидов Х.А., Шиян С.И., Аббасов Р.Р.</b> Энергетика будущего .....	18
<b>Abdurashidov Kh.A., Shiyan S.I., Abbasov R.R.</b> Energy of the future	
<b>Албухазаа М.Х., Гилаев Г.Г.</b> Разработка трещиновато-пористых пластов при вытеснении нефти водой .....	24
<b>Albuhazaa M.H., Gilaev G.G.</b> Development of cracked porous formations while displacing oil by water	
<b>Албухазаа М.Х., Гилаев Г.Г.</b> Современные проблемы разработки нефтяных месторождений России и пути их решения .....	30
<b>Albuhazaa M.H., Gilaev G.G.</b> Modern problems of development of oil fields in Russia and ways of their solution	
<b>Албухазаа М.Х., Гилаев Г.Г.</b> Проблемы разработки месторождений с применением заводнения .....	37
<b>Albuhazaa M.H., Gilaev G.G.</b> Problems of field development with the application of flooding	
<b>Аливердиев А.Я., Шиян С.И., Абдурашидов Х.А.</b> Экологические риски и безопасность нефтегазовых объектов .....	44
<b>Aliverdiev A.Ya., Shiyan S.I., Abdurashidov Kh.A.</b> Environmental risks and safety of oil and gas facilities	
<b>Андруевич Д.А., Терещенко И.А., Ханюченко Н.Д.</b> Газофракционирующие установки .....	50
<b>Andrusevich D.A., Tereshchenko I.A., Hanyuchenko N.D.</b> Gas fractionating plants	
<b>Андруевич Д.А., Терещенко И.А., Ханюченко Н.Д.</b> Классификация нефтебаз .....	53
<b>Andrusevich D.A., Tereshchenko I.A., Hanyuchenko N.D.</b> Classification of oil depots	
<b>Андруевич Д.А., Терещенко И.А., Ханюченко Н.Д.</b> Объекты нефтебаз и их размещение .....	56
<b>Andrusevich D.A., Tereshchenko I.A., Hanyuchenko N.D.</b> Oil depot facilities and their placement	
<b>Андруевич Д.А., Шиян С.И., Малофеева А.Ю.</b> Газоперекачивающие агрегаты – сердце компрессорной станции .....	59
<b>Andrusevich D.A., Shiyan S.I., Malofeeva A.Yu.</b> Gas pumping units are the heart of the compressor station	

<b>Афанасьев В.Л., Геккиев М.М., Трубников Д.Г., Попова Д.А., Мамий С.Ю.</b>	
Анализ методов оптимизации управляемого каскадного электрического привода .....	64
<b>Afanasiev V.L., Gekkiev M.M., Trubnikov D.G., Popova D.A., Mamiy S.Yu.</b>	
Analysis of optimization methods for controlled cascade electric drive	
<b>Ашуров А.Д., Малофеева А.Ю., Терещенко И.А., Ханюченко Н.Д., Недбаева Д.А.</b>	
Системы перекачки .....	70
<b>Ashurov A.D., Malofeeva A.Yu., Tereshchenko I.A., Hanyuchenko N.D., Nedbayeva D.A.</b>	
Pumping systems	
<b>Ашуров А.Д., Малофеева А.Ю., Терещенко И.А., Ханюченко Н.Д., Недбаева Д.А.</b>	
Основные объекты газоперерабатывающих заводов .....	73
<b>Ashurov A.D., Malofeeva A.Yu., Tereshchenko I.A., Hanyuchenko N.D., Nedbayeva D.A.</b>	
Main objects of gas processing plants	
<b>Ашуров А.Д., Малофеева А.Ю., Терещенко И.А., Ханюченко Н.Д., Недбаева Д.А.</b>	
Трубопроводная арматура .....	76
<b>Ashurov A.D., Malofeeva A.Yu., Tereshchenko I.A., Hanyuchenko N.D., Nedbayeva D.A.</b>	
Pipe fittings	
<b>Бабоченко К.С., Исычко В.Е., Приходько М.Г.</b>	
Метод магнитной памяти металла .....	79
<b>Butabohenko K.S., Isychko V.E., Prikhodko M.G.</b>	
Metal magnetic memory method	
<b>Бабоченко К.С., Исычко В.Е., Приходько М.Г.</b>	
Методы увеличения коэффициента извлечения нефти .....	82
<b>Butabohenko K.S., Isychko V.E., Prikhodko M.G.</b>	
Methods for increasing the oil recovery factor	
<b>Багдасарян А.А., Шиян С.И., Ашуров А.Д.</b>	
Неравномерность газопотребления и методы ее компенсации .....	86
<b>Bagdasaryan A.A., Shiyani S.I., Ashurov A.D.</b>	
Irregularity of gas consumption and methods of its compensation	
<b>Безуглый А.Н., Шиян С.И., Аливердиев А.Я.</b>	
Техногенное воздействие на водную среду при добыче и использовании углеводородов .....	91
<b>Bezuglyu A.N., Shiyani S.I., Aliverdiev A.Ya.</b>	
Man-general effect on the aquatic environment during the production and use of hydrocarbons	
<b>Бутьянов Д.А., Вавилова В.В., Зогова Е.С., Казимагомедов С.Я., Приходько М.Г.</b>	
Основные виды потерь нефти и нефтепродуктов .....	97
<b>Butyanov D.A., Vavilova V.V., Zogova E.S., Kazimagomedov S.Ya., Prikhodko M.G.</b>	
The main types of losses of oil and oil products	

<b>Бутьянов Д.А., Вавилова В.В., Зогова Е.С., Казимагомедов С.Я., Приходько М.Г.</b>	
Методы сокращения потерь нефти и нефтепродуктов .....	100
<b>Butyanov D.A., Vavilova V.V., Zogova E.S., Kazimagomedov S.Ya., Prikhodko M.G.</b>	
Methods to reduce losses of oil and oil products	
<b>Вавилова В.В., Зогова Е.С., Казимагомедов С.Я., Бутьянов Д.А., Приходько М.Г.</b>	
Контроль качества бурильных труб в процессе изготовления .....	103
<b>Vavilova V.V., Zogova E.S., Kazimagomedov S.Ya., Butyanov D.A., Prikhodko M.G.</b>	
Quality control of drill pipes during the manufacturing process	
<b>Вавилова В.В., Зогова Е.С., Казимагомедов С.Я., Бутьянов Д.А., Приходько М.Г.</b>	
Проблемы и современные средства ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов .....	107
<b>Vavilova V.V., Zogova E.S., Kazimagomedov S.Ya., Butyanov D.A., Prikhodko M.G.</b>	
Problems and modern means of liquidation of emergency oil and oil products spills	
<b>Гиляев Г.Г., Бурба О.Д.</b>	
Обоснование мероприятий по борьбе с коррозией в скважинах Мирненского месторождения .....	110
<b>Gilaev G.G., Burba O.D.</b>	
Justification of measures of corrosion control in the wells of the Mirnenskoegas condensate field	
<b>Гиляев Г.Г., Бурба О.Д.</b>	
Поиск эффективной стратегии разработки газовых залежей с нефтяной оторочкой на Чайядинском нефтегазоконденсатном месторождении .....	116
<b>Gilaev G.G., Burba O.D.</b>	
Search for an effective strategy for the development of gas deposits with an oil rim at the Chayandinsky oil and gas condensate field	
<b>Гиляев Г.Г., Бурба О.Д.</b>	
Анализ физических аспектов технологии воздействия на пласт при разработке объектов Приобского нефтяного месторождения .....	122
<b>Gilaev G.G., Burba O.D.</b>	
Analysis of the physical aspects of the formation impact technology during the development of the Priobskoye oil field objects	
<b>Гиляев Г.Г., Абдухамедов В.К.</b>	
Эффективность использования ГРП в терригенных коллекторах на примере Фаинского месторождения .....	128
<b>Gilaev G.G., Abdukhamedov V.K.</b>	
Effectiveness of Hydraulic Fracturing in Terrigenous Reservoirs by the example of the Faina field	

<b>Ги́лаев Г.Г., Петро́в С.И.</b> Применение современных методов изоляции водопритока в скважинах Днепровского месторождения .....	133
<b>Gilaev G.G., Petrov S.I.</b> Application of modern methods of water inflow isolation in the wells of the Dnieper field	
<b>Ги́лаев Г.Г., Цыбу́льский Н.М.</b> Особенности газлифтного способа эксплуатации скважин Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения .....	138
<b>Gilaev G.G., Tsibulskiy N.M.</b> Features of the gaslift method of wells operation of the Orenburg oil and gas condensate field	
<b>Ги́лаев Г.Г., Цыбу́льский Н.М.</b> Интенсификация добычи нефти с использованием многостадийного гидравлического разрыва пласта на объектах разработки Арланского месторождения .....	143
<b>Gilaev G.G., Tsibulskiy N.M.</b> Intensification of oil production using multistage hydraulic fracturing at the development facilities of the Arlansky field	
<b>Ги́лаев Г.Г., Цыбу́льский Н.М.</b> Особенности борьбы с пескопроявлениями на скважинах Северо-Гривенского газового месторождения .....	149
<b>Gilaev G.G., Tsibulskiy N.M.</b> Features of the struggle against sand occurrences in the wells of the Severo-Grivenskoye gas field	
<b>Ги́лаев Г.Г., Сы́щенко В.В.</b> Применение гидрофобизированного эмульсионного кислотного состава (ГЭКС) для сложнопостроенных карбонатных коллекторов .....	154
<b>Gilaev G.G., Syshchenko V.V.</b> Application of hydrophobized emulsion acid composition (GEKS) for complex carbonate reservoirs	
<b>Данчина Я.В., Ши́ян С.И., Малы́шкова М.Л., Шави́нян Д.К.</b> Классификация товарных нефтей .....	160
<b>Danchina Ya.V., Shiyan S.I., Malyshkova M.L., Shavinyan D.K.</b> Classification of commercial oil	
<b>Данчина Я.В., Малы́шкова М.Л., Музыкантова А.В.</b> Стабилизация нефти .....	165
<b>Danchina Ya.V., Malyshkova M.L., Muzykantova A.V.</b> Oil stabilization	
<b>Ежи́ков Р.А., Ши́ян С.И., Безу́глый А.Н., Ку́сова Л.Г.</b> Техногенное воздействие на атмосферу при добыче и использовании углеводородов .....	168
<b>Ezhikov R.A., Shiyan S.I., Bezuglyy A.N., Kusova L.G.</b> Technogenic impact on the atmosphere during the production and use of hydrocarbons	

<b>Иноземцев Д.А., Ковалева С.С.</b> Внутритрубная диагностика. Уровни внутри трубной диагностики .....	174
<b>Inozemtsev D.A., Kovaleva S.S.</b> Inline diagnostics. Inline diagnostics levels	
<b>Иноземцев Д.А., Величко Е.И., Музыкантова А.В., Владимиров А.В.</b> Помпаж нагнетателей .....	177
<b>Inozemtsev D.A., Velichko E.I., Muzykantova A.V., Vladimirov A.V.</b> Pumping supplies	
<b>Иноземцев Д.А., Тлий Д.А., Абдуллаев М.Н.</b> Разделение азеотропных растворов .....	181
<b>Inozemtsev D.A., Tliy D.A., Abdullaev M.N.</b> Separation of azeotropic solutions	
<b>Иноземцев Д.А., Величко Е.И., Музыкантова А.В., Владимиров А.В.</b> Режим работы КС .....	184
<b>Inozemtsev D.A., Velichko E.I., Muzykantova A.V., Vladimirov A.V.</b> Cоpoperating mode	
<b>Иноземцев Д.А., Слепцов А.А.</b> Методы определения состояния изоляционных покрытий подземных трубопроводов .....	187
<b>Inozemtsev D.A., Sleptsov A.A.</b> Methods for determining the state of insulating coatings of underground pipelines	
<b>Иноземцев Д.А., Слепцов А.А.</b> Сравнение способов утилизации попутного нефтяного газа с экономической точки зрения .....	190
<b>Inozemtsev D.A., Sleptsov A.A.</b> Comparison of methods of utilization of associated petroleum gas from an economic point of view	
<b>Иноземцев Д.А., Колесник И.А.</b> Теплообменные аппараты .....	193
<b>Inozemtsev D.A., Kolesnik I.A.</b> Heat exchangers	
<b>Каграманова А.А., Арушанян Р.Р., Декусарова А.Р., Марченко Т.А., Босых Е.А., Каграманова И.А.</b> Повышение эффективности двигателя Стирлинга при использовании возобновляемых источников энергии .....	196
<b>Kagramanova A.A., Arushanyan R.R., Dekusarova A.R., Marchenko T.A., Bosykh E.A., Kagramanova I.A.</b> Improving the efficiency of the Stirling engine using unconventional and renewable energy sources	
<b>Каграманова А.А., Арушанян Р.Р., Декусарова А.Р., Марченко Т.А., Босых Е.А., Каграманова И.А.</b> Определение среднестатистической производительности ветроэнергетических установок, учитывая статистическое распределение скорости ветра .....	201
<b>Kagramanova A.A., Arushanyan R.R., Dekusarova A.R., Marchenko T.A., Bosykh E.A., Kagramanova I.A.</b> Calculation of the average performance of wind power plants, taking into account the statistical distribution of wind speed	

<b>Каграманова А.А., Арушанян Р.Р., Декусарова А.Р., Марченко Т.А., Босых Е.А., Каграманова И.А.</b> Особенности комплексного использования ВИЭ с целью повышения эффективности энергоустановок .....	205
<b>Kagramanova A.A., Arushanyan R.R., Dekusarova A.R., Marchenko T.A., Bosykh E.A., Kagramanova I.A.</b> Features of integrated use of renewable energy in order to increase the efficiency of power plants	
<b>Каграманова А.А., Арушанян Р.Р., Декусарова А.Р., Марченко Т.А., Босых Е.А., Каграманова И.А.</b> Энергетический потенциал и формы правительственной поддержки возобновляемых источников энергии .....	209
<b>Kagramanova A.A., Arushanyan R.R., Dekusarova A.R., Marchenko T.A., Bosykh E.A., Kagramanova I.A.</b> Energy potential and forms of government support for renewable energy sources	
<b>Каграманова А.А., Арушанян Р.Р., Декусарова А.Р., Марченко Т.А., Босых Е.А., Каграманова И.А.</b> Технологии извлечения геотермальной энергии .....	214
<b>Kagramanova A.A., Arushanyan R.R., Dekusarova A.R., Marchenko T.A., Bosykh E.A., Kagramanova I.A.</b> Geothermal energy extraction technologies	
<b>Каграманова А.А., Арушанян Р.Р., Декусарова А.Р., Марченко Т.А., Босых Е.А., Каграманова И.А.</b> Повышение потенциала солнечной энергии .....	218
<b>Kagramanova A.A., Arushanyan R.R., Dekusarova A.R., Marchenko T.A., Bosykh E.A., Kagramanova I.A.</b> Increasing the potential of solar energy	
<b>Каграманова А.А., Арушанян Р.Р., Декусарова А.Р., Марченко Т.А., Босых Е.А., Каграманова И.А.</b> Возможность извлечения тепла из горячих горных пород в сравнении с геотермальными источниками .....	222
<b>Kagramanova A.A., Arushanyan R.R., Dekusarova A.R., Marchenko T.A., Bosykh E.A., Kagramanova I.A.</b> The possibility of extracting heat from hot rocks in comparison with geothermal sources	
<b>Каграманова А.А., Арушанян Р.Р., Декусарова А.Р., Марченко Т.А., Босых Е.А., Каграманова И.А.</b> Оценка эксплуатационных запасов термальных вод и их теплоэнергетического потенциала .....	226
<b>Kagramanova A.A., Arushanyan R.R., Dekusarova A.R., Marchenko T.A., Bosykh E.A., Kagramanova I.A.</b> Assessment of operational reserves of thermal waters and their thermal energy potential	
<b>Каграманова А.А., Арушанян Р.Р., Декусарова А.Р., Марченко Т.А., Босых Е.А., Каграманова И.А.</b> Виды энергии при использовании теплоты грунта и преобразователи энергии грунта .....	230
<b>Kagramanova A.A., Arushanyan R.R., Dekusarova A.R., Marchenko T.A., Bosykh E.A., Kagramanova I.A.</b> Types of energy when using ground heat and ground energy converters	



<b>Каграманова А.А., Арушанян Р.Р., Декусарова А.Р., Марченко Т.А., Босых Е.А., Каграманова И.А.</b> Особенности использования ВИЭ и факторы, препятствующие развитию ВИЭ в России .....	234
<b>Kagramanova A.A., Arushanyan R.R., Dekusarova A.R., Marchenko T.A., Bosykh E.A., Kagramanova I.A.</b> Features of renewable energy use and factors hindering the development of renewable energy in Russia	
<b>Каграманова А.А., Арушанян Р.Р., Декусарова А.Р., Марченко Т.А., Босых Е.А., Каграманова И.А.</b> Возможности использования систем автономного энергоснабжения с использованием ВИЭ .....	239
<b>Kagramanova A.A., Arushanyan R.R., Dekusarova A.R., Marchenko T.A., Bosykh E.A., Kagramanova I.A.</b> Possibilities of using autonomous power supply systems using renewable energy sources	
<b>Каграманова А.А., Арушанян Р.Р., Декусарова А.Р., Марченко Т.А., Босых Е.А., Каграманова И.А.</b> Особенности применения возобновляемых источников энергии в распределенных энергосистемах .....	244
<b>Kagramanova A.A., Arushanyan R.R., Dekusarova A.R., Marchenko T.A., Bosykh E.A., Kagramanova I.A.</b> Features of the use of renewable energy sources in distributed power systems	
<b>Каграманова А.А., Арушанян Р.Р., Декусарова А.Р., Марченко Т.А., Босых Е.А., Каграманова И.А.</b> Оптимизация работы двигателя Стирлинга на основе модели Шмидта .....	249
<b>Kagramanova A.A., Arushanyan R.R., Dekusarova A.R., Marchenko T.A., Bosykh E.A., Kagramanova I.A.</b> Optimization of the Stirling engine based on the Schmidt model	
<b>Каграманова А.А., Арушанян Р.Р., Декусарова А.Р., Марченко Т.А., Босых Е.А., Каграманова И.А.</b> Специфика и возможность использования энергии ветра в качестве источника электроэнергии .....	254
<b>Kagramanova A.A., Arushanyan R.R., Dekusarova A.R., Marchenko T.A., Bosykh E.A., Kagramanova I.A.</b> Specifics and possibility of using wind energy as a source of electricity	
<b>Каграманова А.А., Арушанян Р.Р., Декусарова А.Р., Марченко Т.А., Босых Е.А., Каграманова И.А.</b> Методы повышения надежности энергообеспечения и преимущества использования ветродизельных установок .....	259
<b>Kagramanova A.A., Arushanyan R.R., Dekusarova A.R., Marchenko T.A., Bosykh E.A., Kagramanova I.A.</b> Methods of increasing the reliability of energy supply and the advantages of using wind-diesel installations	

- Каракай К.К., Шиян С.И., Данчина Я.В., Малышкова М.Л.**  
 Защитные мастичные и полимерные покрытия для трубопроводов ..... 263  
**Karakay K.K., Shiyani S.I., Danchina Ya.V., Malyshkova M.L.**  
 Protective mastic and polymer coatings for pipelines
- Карандей В.Ю., Попов Б.К., Попова О.Б., Афанасьев В.Л.**  
 Исследование линейных программ линейного программирования  
 для решения задачи оптимизации специальных электрических приводов ..... 268  
**Karandey V.Yu., Popov B.K., Popova O.B., Afanasiev V.L.**  
 Research of linear programs of linear programming for solution  
 of problem of optimization of special electric drives
- Качурина М.А., Ханюченко Н.Д.**  
 Методики определения остаточного ресурса для стальных трубопроводов ..... 273  
**Kachurina M.A., Khanyuchenko N.D.**  
 Methods for determining the residual life for steel pipelines
- Кирарас Н.А., Шиян С.И., Ежиков Р.А.**  
 Техногенное воздействие на почву при добыче и использовании углеводородов ..... 276  
**Kiraras N.A., Shiyani S.I., Ezhikov R.A.**  
 Technogenic impact on the soil during the extraction and use of hydrocarbons
- Коваль А.Н.**  
 Анализ влияния неравномерного распределения мощности  
 на работу однофазных приемников в трехфазных сетях ..... 282  
**Koval A.N.**  
 Analysis of the influence of uneven power distribution  
 on the operation of single-phase receivers in three-phase networks

## ВВЕДЕНИЕ

23 октября 2021 года ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» на базе кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов» института «Нефти, газа и энергетики» проводил II Международную научно-практическую конференцию «Referatotech».

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.
- Экология и химическая технология.
- Вопросы разработки новых научных и образовательных технологий.
- Математическое моделирование природных и технологических процессов.
- Геология и геофизика.

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 II Международной научно-практической конференции и авторов, представивших свои статьи в настоящий сборник.*

## ВОЗМОЖНОСТИ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

\*\*\*\*\*

### POSSIBILITIES OF HYDROGEN ENERGY

**Аббасов Руслан Русланович**

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
y.49runo@gmail.com

**Шиян Станислав Иванович**

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

**Самарин Михаил Анатольевич**

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
samarin1901@tyandex.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены основные преимущества водорода по сравнению с другими энергоносителями. А также различные методы получения водорода и потенциальные места применения данной энергии.

**Ключевые слова:** энергия, водород, топливо, возобновляемая энергия, газ, хранение, развитие, метод получения.

\*\*\*\*\*

**Abbasov Ruslan Ruslanovich**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Engineering»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
y.49runo@gmail.com

**Shiyan Stanislav Ivanovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of Oil and Gas Field Equipment,  
Kuban State Technological University  
akngs@mail.ru

**Samarin Mikhail Anatolyevich**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Engineering»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
samarin1901@tyandex.ru

**Annotation.** This article discusses the main advantages of hydrogen compared to other energy carriers. As well as various methods of producing hydrogen and potential applications of this energy.

**Keywords:** energy, hydrogen, fuel, renewable energy, gas, storage, development, production method.

\*\*\*\*\*

**Р**азвитие цивилизации и смена исторических эпох во многом характеризуется типом применяемых энергоносителей. В XIX столетии основными энергоносителями были древесина и уголь. В XX столетии основой мировой экономики стали нефть и природный газ. Экономика, основанная на использовании углеводородов, подводит мировое сообщество к энергетическому и экологическому кризису и геополитическим потрясениям. Осознание неизбежности энергетического кризиса дает импульс поиску альтернативных энергоносителей.

В частности, появилась концепция водородной энергетики, которая предусматривает получение водорода при помощи возобновляемых источников или атомной энергии и его дальнейшее эффективное использование в химической, металлургической и других отраслях промышленности. Преимущественно водородная энергетика ориентирована на использование водорода в качестве топлива для транспортных энергетических установок, которые являются главными потребителями ископаемого топлива и основными загрязнителями окружающей среды.

Водород по сравнению с другими энергоносителями имеет следующие преимущества:

- сырьем для получения водорода могут быть не только природные углеводороды, но и вода;
- водород можно использовать для получения синтетических жидких топлив (СЖТ), более эффективных, чем ископаемые;
- для транспортировки и хранения СЖТ можно использовать существующую инфраструктуру;
- водород и СЖТ можно применять в существующих энергетических установках и на транспорте;
- при сжигании водорода образуется меньше вредных веществ, чем при использовании природных углеводородов;
- водород – единственное топливо для эффективных безмашинных преобразователей энергии – топливных элементов.

В соответствии с законом сохранения энергии все энергетические процессы сводятся к трансформации одного вида энергии в другой. Однако водород имеет ряд недостатков, которые пока сдерживают его широкое использование в энергетике. Водород в 8 раз легче природного газа, взрывоопасен и химически активен, поэтому существует только в связанном виде. Эти недостатки можно устранить решением сложных технических проблем эффективного получения водорода, созданием надежных систем хранения, транспортировки и использования.

Наиболее простым методом получения водорода является электролитическое разложение воды за счет избыточной энергии атомных электростанций. Недостатком этого метода являются большие затраты энергии: на производство 1 м<sup>3</sup> водорода расходуется до 5 кВт · ч электроэнергии.

Наиболее освоенным методом получения промышленного водорода является паровая конверсия природного газа. На первой стадии при температуре около 800 °С в присутствии катализатора происходит деструкция метана и водяного пара на водород и оксид углерода. На второй стадии при температуре около 250 °С оксид углерода и вода превращаются в диоксид углерода и водород. Таким способом получают 90 % водорода, который используется на месте производства, что устраняет проблемы хранения и транспортировки водорода.

Использование водорода в качестве энергоносителя на транспорте требует создания инфраструктуры по хранению, заправке водородом, а также создания энергетических установок на основе топливных элементов. Решение этих проблем требует огромных капи-

таловложений. Например, потребности автотранспорта среднего города в водородном топливе оцениваются в  $3 \cdot 10^5$  т/год ( $3 \cdot 10^9$  м<sup>3</sup>). Энергозатраты на производство такого количества водорода электролизом воды составляют примерно  $1,5 \cdot 10^{10}$  кВт · ч, что требует использования мощности 2 млн кВт,

Бортовые системы хранения сжатого газообразного водорода включают в себя толстостенные баллоны с многослойными стенками из нержавеющей стали. Давление в баллонах 35 МПа, масса баллона достигает 33 кг на 1 кг водорода. Такие системы хранения обеспечивают автомобилю пробег порядка 200 км.

При сжижении водорода его объем уменьшается в 700 раз. Одной из проблем создания криогенных систем хранения водорода в жидком состоянии является узкий интервал температур от точки замерзания 17К до точки кипения 20К водорода. Таким образом, существующие системы хранения водорода пока неприемлемы для транспорта вследствие технической сложности и недостаточной безопасности в эксплуатации. Проблемой остается изменение свойств металла в водородной среде из-за наступления водородной хрупкости.

Современные двигатели внутреннего сгорания могут быть приспособлены для работы на водороде. При этом улучшаются экологические характеристики двигателей и отпадает необходимость в каталитических нейтрализаторах, так как в выхлопных газах отсутствуют оксид углерода и диоксид углерода.

Теоретически наиболее эффективно использование водорода в энергетических установках на топливных элементах, которые практически бесшумны, имеют КПД до 65 % и количество вредных выбросов на два порядка меньше, чем у тепловых машин. Химические процессы, протекающие в топливных элементах, противоположны процессам электролиза воды, в которых при пропускании тока через подкисленную воду образуются кислород и водород.

Принцип работы топливных элементов следующий. При пропускании кислорода и водорода через пористые электроды, разделённые электролитом, происходит соединение атомов водорода с гидроксидом ОН. При этом образуется вода и высвобождаются электроны, которые направляются во внешнюю цепь на положительный заряд. На положительном электроде электроны захватываются кислородом, в результате чего во внешней цепи образуется электрический ток. Кислород непрерывно пополняет в электролите расход ОН, а водород поддерживает необходимое количество воды в электролите.

Топливные элементы отличаются типом электролита, рабочими температурами, конструктивным исполнением и типом материалов. Практическое применение получили низкотемпературные топливные элементы с твердополимерными щелочными электролитами, а также среднетемпературные фосфорнокислые элементы. Реальным направлением является применение энергоустановок на топливных элементах малой мощности в децентрализованном энергоснабжении. В частности, подобные энергоустановки применяются на космических кораблях и подводных аппаратах.

На сегодня единственной действующей промышленной энергоустановкой является американская РС-25 мощностью 200 кВт. В этой установке в качестве горючего используется природный газ, из которого паровым риформингом получается водород, а в качестве окислителя используется кислород воздуха.

### **Литература:**

1. Разработка мероприятий и организация работ по переводу автотранспортных средств на газообразное топливо / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 248–252.

2. Организация и управление охраной окружающей природной среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 266–271.

3. Экологические аспекты в нефтегазовом комплексе / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 272–277.
4. Источники и масштабы техногенного загрязнения в нефтяной промышленности / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 278–283.
5. Брижань В.В., Шиян С.И. Оценка экономической эффективности от перевода грузового автотранспорта на компримированный природный газ в качестве моторного топлива // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 300–314.
6. Потенциал залежей низконапорного газа в России / Дунаев В.И. [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 117–120.
7. Ресурсы низконапорного газа - как один из примеров техногенных месторождений / Милостивенко М.Е. [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 247–251.
8. Мероприятия по предупреждению и борьбе с осложнениями при эксплуатации скважин на Ключевом месторождении / И.И. Шаблий [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 245–250.
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. – С. 280–287.
10. Анализ эффективности существующей системы очистки сточных вод и обоснование необходимости её модернизации на нефтебазе N / Д.Ю. Кирилкин [и др.] // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 190–200.
11. Техногенные месторождения России - рамки и условия их освоения / В.И. Дунаев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 112–116.
12. Шиян С.И. Предупреждение геоэкологических 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/предупреждение-геоэкологических-последствий-от-аварии-путем-оперативного-управления-тех>
13. Целесообразность перевода автотранспорта на газовое топливо с точки зрения экологии и стимулирование развития газа как основного моторного топлива в России и за рубежом / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 291–297.
14. Гойда А.Н., Шиян С.И., Шаблий И.И. Современное состояние и перспективы развития рынка сжиженного природного газа // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 124–142.
15. Шиян С.И., Ильинский К.А., Пашуренко И.О. Переработка отходов животноводческого комплекса как решение проблемы парникового эффекта и способ получения источника энергии // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 219–227.

### **Literature:**

1. Development of measures and organization of work on the transfer of vehicles to gaseous fuel / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 248–252.
2. Organization and management of environmental protection at enterprises of the oil and gas industry / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 266–271.
3. Environmental aspects in the oil and gas complex / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 272–277.
4. Petrushin E.O., Harutyunyan A.S., Shiyani S.I. Investigation of wear-resistant coatings of drill pipes during the construction of a production well at the Yuzhno-Kharyaginskoye oil field // Bulatov Readings. – 2020. – Vol. 3. – P. 278–284.
5. Brizhan V.V., Shiyani S.I. Evaluation of economic efficiency from the transfer of trucks to compressed natural gas as a motor fuel // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 2. – P. 300–314.
6. Potential of low-pressure gas deposits in Russia / V.I. Dunaev [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 117–120.
7. Resources of low-pressure gas - as one of the examples of technogenic fields / M.E. Milostivenko [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 247–251.
8. Measures to prevent and combat complications during well operation at the Klyuchevoy field / I.I. Shabliy [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 3. – P. 245–250.
9. 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.
10. Analysis of the effectiveness of the existing wastewater treatment system and justification of the need for its modernization at the oil depot N / D.Yu. Kirilkin [et al.] // Bulatov Readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 190–200.
11. Technogenic deposits in Russia - the framework and conditions for their development / V.I. Dunaev [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 112–116.
12. 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»: Dis. ... Cand. Techn. Sciences. – Krasnodar, 2005. – URL : <https://www.dissercat.com/content/preduprezhdenie-geoekologicheskikh-posledstviy-ot-avarii-putem-operativnogo-upravleniya-tekh>
13. The expediency of transferring vehicles to gas fuel from an environmental point of view and stimulating the development of gas as the main motor fuel in Russia and abroad / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 291–297.



14. Goida A.N., Shiyan S.I., Shabliy I.I. The current state and development prospects of the liquefied natural gas market // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 4. – P. 124–142.

15. Shiyan S.I., Ilyinsky K.A., Pashurenko I.O. Waste processing of the livestock complex as a solution to the problem of the greenhouse effect and a method of obtaining an energy source // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 4. – P. 219–227.

## ЭНЕРГЕТИКА БУДУЩЕГО

\*\*\*\*\*

## ENERGY OF THE FUTURE

### **Абдурашидов Хази Абдулгамидович**

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

### **Шиян Станислав Иванович**

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

### **Аббасов Руслан Русланович**

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
y.49runo@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены разнообразные виды и способы получения энергии, добываемые в различных странах, которые в возможном будущем придут на замену нынешним видам энергии.

**Ключевые слова:** будущее, энергия, топливо, возобновляемая энергия, экология, нефть, уголь, газ, мировые запасы, солнечная энергия, ветряные мельницы.

\*\*\*\*\*

### **Abdurashidov Khazi Abdulgamidovich**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Engineering»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
y.runo@mail.ru

### **Shiyan Stanislav Ivanovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of Oil and Gas Field Equipment,  
Kuban State Technological University  
akngs@mail.ru

### **Abbasov Ruslan Ruslanovich**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Engineering»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
y.49runo@gmail.com

**Annotation.** This article discusses various types and methods of obtaining energy produced in various countries, which in the possible future will replace the current types of energy.

**Keywords:** future, energy, fuel, renewable energy, ecology, oil, coal, gas, world reserves, solar energy, windmills.

\*\*\*\*\*

**И**з всех энергетических кризисов индустриально развитые страны выходили конкурентоспособными. Их экономика становилась менее затратной и более эффективной. Высокие цены на нефть играют для потребителей стимулирующую, оздоравливающую роль. С помощью высоких цен на нефть рынок избавляется от многих участников, которые потеряли динамизм. Происходит своеобразный естественный отбор.

Технологии постоянно совершенствуются, и это в скором времени приведет к существенной перестройке мирового рынка нефти. Конец каменного века наступил не потому, что кончились камни, а потому что на смену камням пришла бронза. Так кончится и век энергетической нефти, но не в геологическом смысле – нефть в недрах останется, а в технологическом. На смену нефти неизбежно придут другие энергоносители. Многие открытия уже сделаны. Они только ждут своего часа.

Ежегодно в мире добывается около 13 млрд т условного топлива, что примерно эквивалентно  $5 \cdot 10^{17}$  кДж энергии. Темпы расходования ресурсов опережают темпы их возобновления. Планетарные ресурсы через производство и потребление становятся планетарными стоками. Основная угроза земной цивилизации исходит из того, что человечество более 80 % энергии производит, сжигая ископаемое топливо. От этого в атмосфере накапливается 3 млрд т углерода в год, а к 2020 г. выбросы возрастут вдвое.

Вся техническая мощь современной цивилизации базируется на использовании энергии, которая основана на изъятии кислорода воздуха. Все технологии получения энергии путем окисления разрушают атмосферу Земли, так как необратимо связывают атмосферный кислород в воду. Сжигание 1 кг бензина поглощает из воздуха 3,5 кг кислорода, реакции окисления продуктов нефтедобычи в течение года поглощают из атмосферы около 12 млрд т кислорода. Сгорание 1 кг природного газа поглощает 4 кг кислорода, добытый за год природный газ, сгорая, поглощает из атмосферы более 11 млрд т. В воздухе сегодняшних мегаполисов содержится всего 7 % кислорода при естественном уровне 21 %.

Процессы горения оказывают на климатическую систему Земли двойное воздействие: во-первых, уменьшают содержание кислорода в атмосфере, истощая озоновую защиту Земли и уменьшая атмосферное давление; во-вторых, выбрасывают огромное количество разогретых водяных паров и углекислого газа. Только возобновляемые источники энергии и топливо, не связывающее при горении атмосферный кислород в воду, станут основой энергетики в ближайшем будущем. Технологий, которые безвозвратно уничтожают кислород атмосферы, в новой эколого-энергетической цивилизации места не будет. Необходима реконструкция мировой энергетики.

Мировое сообщество волнует вопрос: грозит ли человечеству полное истощение энергоресурсов? Сегодня человечество должно преодолеть глобальный экологический кризис и перейти к новой цивилизации – цивилизации возобновляемых источников энергии.

В мировом потреблении первичных энергоресурсов ведущее место принадлежит нефти: на ее долю приходится 35 %, на уголь 24 %, на газ 21 %. Нефть – это важнейший геополитический фактор развития мировой экономики. К сожалению, лишь 10 % добываемой нефти подвергается химико-технологической переработке, остальные 90 % сжигаются в виде моторного и котельного топлива. При современных темпах добычи доказанных запасов нефти хватит на 60 лет.

Мировые доказанные запасы газа составляют 188 трлн м<sup>3</sup> при годовой добыче около 3 трлн м<sup>3</sup>. При современном мировом уровне добычи газа обеспеченность запасами составляет примерно 60 лет. В эти цифры не входят скопления газа в особом состоянии – газовые гидраты, которых под океанским дном содержится огромное количество: только на суше и шельфе США 6000 трлн м<sup>3</sup>.

Уголь на протяжении индустриальной эпохи не имел конкурентов. В новейшую эпоху уголь оказался вытесненным углеводородными энергоносителями. Доказанные запасы угля в мире составляют 1040 млрд т, причем на США, Россию и Китай приходится

52 % запасов. США и Китай добывают в год почти по 1 млрд т угля. В мире в год добывается 4,4 млрд т угля. Обеспеченность мировыми запасами угля составляет 230 лет.

Мировые запасы урана превышают 3 млн т. В мире работают 436 энергоблоков, которые потребляют в год до 60 тыс. т урана. Доля АЭС в мировом энергобалансе составляет 6 %, что эквивалентно менее чем 0,4 млрд т условного топлива. По всей видимости, эта доля до 2100 г. не увеличится: в последние годы атомная отрасль сталкивается с проблемами политического и экологического характера. Швеция и Германия намереваются свернуть атомную энергетику. Серьезную проблему представляет безопасное хранение возрастающих запасов отработанного ядерного топлива и ядерных отходов. Сегодня в хранилищах их накоплено около 250 тыс. т.

Человечество давно использует энергию воды. Сейчас в мире с помощью ГЭС вырабатывается около 7 % от общего производства электроэнергии. В киловатт-часы можно успешно конвертировать течение воды во время приливов и отливов. Например, приливная станция на реке Ранс во Франции имеет мощность 240 МВт. Энергия морских волн значительно выше энергии приливов. Например, акватория площадью 25 км<sup>2</sup>, оснащенная преобразователями в виде закрепленных на дне буйков, может снабжать электричеством целую область. Строительство новых ГЭС позволит к 2100 г. удвоить производство гидроэнергии и довести ее до эквивалента 0,7 млрд т условного топлива.

Сегодня уже 5 % мировой чистой энергии производится ветряной энергетикой. Разрабатывается новый тип ветрогенератора – наполненный гелием привязной аэростат, поднятый на высоту до 300 м.

Примерно 90 % домов в Исландии согреваются геотермальным теплом: по скважинам глубиной до 1000 м поднимается горячий пар с температурой до 240 °С. Глубинный пар не только обогревает дома, но и приводит в действие генераторы небольших электростанций.

Дешевую и экологически чистую геотермальную энергию можно получать из глубоких скважин, пробуренных к очагу магмы. По этим скважинам может циркулировать смесь горячей воды и пара при огромном давлении и температуре до 500 °С. Это практически неиссякаемый источник энергии.

Для производства энергии может быть использована воспроизводимая растениями биомасса. В год планета производит более 200 млрд т биомассы. В Бразилии в качестве моторного топлива ежегодно используется до 16 млн т биоэтанола, получаемого из стеблей сахарного тростника. Биоэтанол – это спирт, который получают в промышленных масштабах также из свеклы, картофеля, соломы, опилок и кукурузы. Биоэтанол производится укороченной дистилляцией – в двух ректификационных колоннах вместо пяти для пищевого спирта. При цене на нефть выше 70 долл. за баррель производство этанола становится рентабельным. За счет производства энергии из биомассы США в 2012 г. планируют сократить импорт сырой нефти на 250 млн т.

В Японии получают метан из водорослей, заставляя биомассу бродить в баках с различными микроорганизмами. Подобная метановая электростанция обеспечивает до 10 кВт мощности.

Уже длительное время ученые работают над преобразователями энергии солнечного излучения в механическую или электрическую энергию. Всего за три дня Солнце посылает на Землю столько энергии, сколько ее содержится во всех разведанных запасах ископаемого топлива. В штате Нью-Джерси (США) в 2001–2006 гг. ввели в эксплуатацию 1800 солнечных установок разной мощности. Типовая 4-киловаттная станция на крыше дома обходится американской семье в 38 тыс. долл.

В последние годы все большую популярность приобретает использование в качестве источника энергии водорода. Водород можно получать из нефти, природного газа либо путем разложения воды. Сегодня в мире в год производится до 20 млн т водорода, который используется для производства аммиака, для удаления серы из топлива, для гидрогенизации угля.

Некоторые специалисты считают, что именно водородное топливо является наиболее вероятной заменой нефти и газа. По теплотворной способности водород в 3 раза превосходит бензин. Сегодня исследователи интенсивно работают над созданием водородного энергетического хозяйства и над технологией крупнотоннажного производства водорода из воды.

Долгосрочная стратегия перехода к новым энергетическим технологиям будет во многом определяться выбором, который сделает человечество в ближайшие 10–30 лет. В известном документе «Повестка дня на XXI век» приоритет отдан охране мировой флоры и фауны, восстановлению лесов и плодородия почв, ресурсосбережению, изменению структуры потребления. Сильное влияние на будущее мировой энергетики может оказать движение за здоровый образ жизни. Здоровый образ жизни не нуждается в росте потребления энергоресурсов.

### **Литература:**

1. Брижань В.В., Шиян С.И. Оценка экономической эффективности от перевода грузового автотранспорта на компримированный природный газ в качестве моторного топлива // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 300–314.
2. Потенциал залежей низконапорного газа в России / В.И. Дунаев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 117–120.
3. Разработка мероприятий и организация работ по переводу автотранспортных средств на газообразное топливо / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 248–252.
4. Организация и управление охраной окружающей природной среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 266–271.
5. Экологические аспекты в нефтегазовом комплексе / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 272–277.
6. Источники и масштабы техногенного загрязнения в нефтяной промышленности / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 278–283.
7. Ресурсы низконапорного газа – как один из примеров техногенных месторождений / М.Е. Милостивенко [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 247–251.
8. Мероприятия по предупреждению и борьбе с осложнениями при эксплуатации скважин на Ключевом месторождении / И.И. Шаблей [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 245–250.
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. – С. 280–287.
10. Анализ эффективности существующей системы очистки сточных вод и обоснование необходимости её модернизации на нефтебазе N / Д.Ю. Кирилкин [и др.] // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 190–200.

11. Техногенные месторождения России – рамки и условия их освоения / В.И. Дунаев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 112–116.
12. Гойда А.Н., Шиян С.И., Шаблий И.И. Современное состояние и перспективы развития рынка сжиженного природного газа // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 124–142.
13. Шиян С.И., Ильинский К.А., Пашуренко И.О. Переработка отходов животноводческого комплекса как решение проблемы парникового эффекта и способ получения источника энергии // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 219–227.
14. Шиян С.И. Предупреждение геоэкологических 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/pre-duprezhdenie-geoekologicheskikh-posledstviy-ot-avarii-putem-operativnogo-upravleniya-tekhn>
15. Целесообразность перевода автотранспорта на газовое топливо с точки зрения экологии и стимулирование развития газа как основного моторного топлива в России и за рубежом / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 291–297.

#### **Literature:**

1. Brizhan V.V., Shiyan S.I. Evaluation of economic efficiency from the transfer of trucks to compressed natural gas as a motor fuel // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 2. – P. 300–314.
2. Potential of low-pressure gas deposits in Russia / V.I Dunaev [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 117–120.
3. Development of measures and organization of work on the transfer of vehicles to gaseous fuel / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 248–252.
4. Organization and management of environmental protection at enterprises of the oil and gas industry / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 266–271.
5. Environmental aspects in the oil and gas complex / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 272–277.
6. Petrushin E.O., Harutyunyan A.S., Shiyan S.I. Investigation of wear-resistant coatings of drill pipes during the construction of a production well at the Yuzhno-Kharyaginskoye oil field // Bulatov Readings. – 2020. – Vol. 3. – P. 278–284.
7. Resources of low-pressure gas - as one of the examples of technogenic fields / M.E. Milostivenko [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 247–251.
8. Measures to prevent and combat complications during well operation at the Klyuchevoy field / I.I. Shabliy // [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V.3. – P. 245–250.

9. 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.
10. Analysis of the effectiveness of the existing wastewater treatment system and justification of the need for its modernization at the oil depot N / D.Yu. Kirilkin [et al.] // Bulatov Readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 190–200.
11. Technogenic deposits in Russia - the framework and conditions for their development / V.I. Dunaev [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 112–116.
12. Goida A.N., Shiyan S.I., Shabliy I.I. The current state and development prospects of the liquefied natural gas market // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 4. – P. 124–142.
13. Shiyan S.I., Ilyinsky K.A., Pashurenko I.O. Waste processing of the livestock complex as a solution to the problem of the greenhouse effect and a method of obtaining an energy source // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 4. – P. 219–227.
14. Shiyan 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»: Dis. ... Cand. Techn. Sciences. – Krasnodar, 2005. – URL : <https://www.dissercat.com/content/preduprezhdenie-geoekologicheskikh-posledstviy-ot-avarii-putem-operativnogo-upravleniya-tekh>
15. The expediency of transferring vehicles to gas fuel from an environmental point of view and stimulating the development of gas as the main motor fuel in Russia and abroad / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 291–297.

## РАЗРАБОТКА ТРЕЩИНОВАТО-ПОРИСТЫХ ПЛАСТОВ ПРИ ВЫТЕСНЕНИИ НЕФТИ ВОДОЙ

\*\*\*\*\*

## DEVELOPMENT OF CRACKED POROUS FORMATIONS WHILE DISPLACING OIL BY WATER

**Албухазаа Митхак Хамид**

магистрант  
mithaqaljanaby@gmail.com

**Гиляев Гани Гайсинович**

доктор технических наук, профессор  
кафедры нефтегазового дела им. профессора Г.Т. Вартумяна,  
Кубанский государственный технологический университет  
gggilaev@gmail.com

**Аннотация.** По результатам исследований и опыта разработки нефтяных месторождений можно сделать вывод, что подавляющее большинство пластов, сложенных не только карбонатными, но и терригенными породами, такими, как песчаники и алевролиты, в той или иной степени трещиноватые. В связи с этим важным становится изучение трещиновато-пористых пластов. В данной статье рассмотрены особенности разработки при вытеснении нефти водой в трещиновато-пористых коллекторах, а также проблемы, которые возникают при этом.

**Ключевые слова:** продуктивный пласт, тип пласта-коллектора, трещиноватость, пористость.

\*\*\*\*\*

**Albuhazaa Mithak Hamid**

Master's Student  
mithaqaljanaby@gmail.com

**Gilaev Gani Gaisinovich**

Doctor of Technical Sciences,  
Professor of the Department of Oil and Gas Business  
named after Professor G.T. Vartumyana,  
Kuban State Technological University  
gggilaev@gmail.com

**Annotation.** Based on the results of research and experience in the development of oil fields, it can be concluded that the overwhelming majority of reservoirs, composed not only of carbonate, but also terrigenous rocks, such as sandstones and siltstones, are fractured to one degree or another. In this regard, it becomes important to study fractured-porous formations. This article discusses the features of development when oil is displaced by water in fractured porous reservoirs, as well as the problems that arise in this case.

**Keywords:** productive formation, reservoir type, fracturing, porosity.

\*\*\*\*\*

**В** одних случаях, особенно когда сами породы малопористы и плохопроницаемы, трещины – это главные каналы, по которым движется нефть к забоям добывающих скважин при разработке таких пород, на что указывает несоответствие проницаемости кернов и проницаемости, определенной в результате гидродинамических исследований скважин. Фактическая проницаемость часто оказывается намного выше определенной по кернам.



В процессе разработки трещиновато-пористых пластов при упругом режиме изменение давления быстрее распространяется по системе трещин, в результате чего возникают перетоки жидкости между трещинами и блоками пород, т.е. матрицей, приводящие к характерному для таких пород запаздыванию перераспределения давления по сравнению с соответствующим перераспределением давления в однородных пластах при упругом режиме.

На разработку трещиноватых и трещиновато-пористых пластов может оказывать существенное влияние резкое изменение объема трещин при изменении давления жидкости, насыщающей трещины в результате деформации горных пород.

Один из наиболее сложных вопросов разработки трещиновато-пористых пластов связан с применением процессов воздействия на них путем закачки различных веществ, и в первую очередь с использованием обычного заводнения.

Возникает опасение, что закачиваемая в такие пласты вода быстро прорвется по системе трещин к добывающим скважинам, оставив нефть в блоках породы. При этом, по данным экспериментальных исследований и опыта разработки, известно, что коэффициент вытеснения достигает 0,8–0,85. Опыт также показывает, что и из матриц трещиновато-пористых пластов при их заводнении нефть вытесняется, хотя коэффициент нефтевытеснения сравнительно невелик, составляя 0,20–0,30. Поясним, под действием каких же сил происходит вытеснение нефти водой из матриц трещиновато-пористых пластов.

Одна из сил вполне очевидна, хотя до последнего времени и слабо учитывалась в расчетах процессов разработки. Эта сила обусловлена градиентами давления, действующими и на блоки породы.

Другая из сил связана с разностью капиллярного давления в воде и нефти, насыщающей блоки. Действие этой силы приводит к возникновению капиллярной пропитки пород, т.е. к замещению нефти водой в них под действием указанной разности капиллярного давления. Капиллярная пропитка оказывается возможной, если породы гидрофильные. Капиллярная пропитка матрицы или блоков трещиновато-пористых пластов вполне объяснима не только с позиции действия капиллярных сил, но и с энергетической точки зрения, так как минимум поверхностной энергии на границе нефти с водой будет достигнут, когда нефть соберется воедино в трещинах, а не будет насыщать поры матрицы, обладая сложной, сильно разветвленной поверхностью.

Из энергетических соображений можно считать, что скорость капиллярного впитывания пропорциональна скорости сокращения поверхности раздела между нефтью и водой, которая, свою очередь, пропорциональна площади поверхности раздела.

В трещиновато-пористом пласте процессом капиллярной пропитки охватываются неодновременно все блоки пласта.

Многие пласты, сложенные песчаниками и известняками подвергают заводнению, и во многих случаях оно проходит успешно – резкого обводнения скважин не происходит. Это указывает на то, что размер зоны капиллярной пропитки в таких пластах мал по сравнению с расстояниями между скважинами и с размером залежи в целом, и поэтому при узкой зоне капиллярной пропитки заводнение трещиновато-пористого пласта будет мало отличаться от «поршневого» вытеснения. Если же размер зоны капиллярного впитывания велик и превышает принятые на месторождении расстояния между скважинами или размер залежи, то вскоре в процессе заводнения будет наблюдаться сильное обводнение скважин. В таких случаях можно говорить, что заводнение пласта оказалось неэффективным.

Конечно, в реальных пластах вытеснение нефти водой из блоков происходит не только за счет противоточной капиллярной пропитки, но и под действием градиентов давления в трещинах.

Исследования фактической разработки пластов показывают, что скорость капиллярной пропитки пород, являющаяся сама по себе невысокой, может еще существенно снижаться из-за наличия прослоев очень малой проницаемости на контакте между пропластками или из-за ухудшения проницаемости на поверхности пористых блоков в трещиновато-пористых пластах. В этом случае, естественно, размер зоны капиллярной пропитки может существенно превышать размеры залежи, так что вскоре после начала заводнения вся площадь залежи будет обводнена, что, в конечном счете, приведет к добыче вместе с нефтью больших количеств воды.

Для ускорения капиллярной пропитки блоков и литологических неоднородностей может быть применен упруго-капиллярный циклический способ добычи нефти. Практическое осуществление этого способа заключается в периодическом изменении давления или расхода жидкости на границах пласта, приводящем к периодическому изменению этих параметров на контакте высокопроницаемых и низко проницаемых объектов пласта (прослоев, линз, блоков и т.д.). Во время цикла повышения давления нефть, находящаяся в пористых блоках, линзах или прослоях, сжимается и в них входит вода.

При цикле же понижения давления содержимое пласта (нефть и вода) расширяется, но вода удерживается капиллярными силами в тех неоднородностях, в которые она проникла, а нефть выходит из них.

#### **Литература:**

1. Применение горизонтальных скважин с множественными трещинами грп для разработки низкопроницаемых пластов на примере опытного участка приобского месторождения / Г.Г. Гилаев [и др.] // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». – 2012. – № 2 (27). – С. 22–26.
2. Нефтяные залежи в карбонатных отложениях фаменского яруса самарской области: история открытия и перспективы поиска / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 10. – С. 38–40.
3. Повышение эффективности использования химических реагентов в ОАО «НК «Роснефть» / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 11. – С. 22–24.
4. Гилаев Г.Г., Горбунов В.В., Генъ О.П. Внедрение новых технологий повышения эффективности работы скважин на месторождениях ОАО «НК «Роснефть»–Краснодарнефтегаз // Нефтяное хозяйство. – 2005. – № 8. – С. 86–89.
5. Начало нового этапа в освоении месторождений высоковязких нефтей и природных битумов в России / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 6. – С. 6–9.
6. Гилаев Г.Г. Развитие теории и практики добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на сложнопостроенных месторождениях. автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук // Тюменский государственный нефтегазовый университет. – Тюмень, 2004.
7. Система бюджетирования на предприятии как инструмент управления / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 10. – С. 16–18.
8. Вопросы эксплуатации пескопроявляющих пластов. Влияние пластового давления на вынос песка из коллектора при эксплуатации добывающих скважин / В.Ю. Близиюков [и др.] // Инженер-нефтяник. – 2010. – № 1. – С. 11–22.
9. Начало нового этапа в освоении месторождений высоковязких нефтей и природных битумов в России / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 6. – С. 6–9.
10. Применение термостойких жидкостей глушения на основе нефтяных эмульсий / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 8. – С. 64–67.

11. Гидравлический разрыв пласта как инструмент разработки месторождений самарской области / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 11. – С. 65–69.
12. Гилаев Г.Г. Исследование и разработка комплекса технологий изоляции водопритоков при строительстве и эксплуатации скважин. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Тюменский индустриальный университет. – Тюмень, 1999.
13. Гилаев Г.Г., Хабибуллин М.Я., Гилаев А.Г. Перспективы применения кислотного геля для закачки проппанта в процессе проведения гидроразрыва карбонатных пластов на территории самарской области // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 8. – С. 54–57.
14. Близнюков В.Ю., Гилаев А.Г., Гилаев Г.Г. Анализ нарушений эксплуатационных колонн при разработке пескопроявляющих продуктивных пластов с аномально высокими пластовыми давлениями // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 6. – С. 50–54.
15. Влияние физико-механических свойств пласта и падения пластового давления на пескопроявление / В.Ю. Близнюков [и др.] // Инженер-нефтяник. – 2010. – № 3. – С. 5–9.
16. Гилаев Г.Г. Управление технологическими процессами по интенсификации добычи нефти // Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 10. – С. 74–77.
17. Гилаев А.Г. Исследование влияния выноса мелких частиц продуктивного пласта на изменение нефтеотдачи низкопроницаемых коллекторов: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук. – Москва, 2012.
18. Хабибуллин М.Я. Совершенствование очистки насосов для добычи нефти от механических примесей // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2017. – № 6. – С. 29–33.
19. Гилаев Г.Г. Методы борьбы с основными видами осложнений при эксплуатации скважин // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 4. – С. 62–66.
20. Методы борьбы с пескопроявлениями в эксплуатационных скважинах / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтегазовое дело. – 2021. – Т. 19. – № 5. – С. 119–127.
21. Пескопроявление в добывающих скважинах и нарушение обсадных колонн. Оценка закономерностей распределения пластовых, поровых давлений по разрезу скважин сладковско-морозовской группы месторождений / В.Ю. Близнюков [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 1. – С. 17–22.
22. Диагностирование глубинно-насосных скважин динамометрированием / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Ижевск, 2008.
23. Гилаев Г.Г., Сулейманов Р.И. Совершенствование оборудования для термокислотного импульсного воздействия // В сборнике: Современные технологии в нефтегазовом деле – 2020. Сборник трудов международной научно-технической конференции. – 2020. – С. 361–367.
24. Гилаев Г.Г., Сулейманов Р.И. Оборудование для термокислотного импульсирования // В сборнике: современные технологии в нефтегазовом деле – 2020. Сборник трудов международной научно-технической конференции. – 2020. – С. 341–345.
25. Гилаев Г.Г. Методы борьбы с основными видами осложнений при эксплуатации скважин // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 4. – С. 62–66.
26. Состав для кислотной обработки призабойной зоны пласта / Н.А. Останков [и др.] // Патент на изобретение RU 2641044 С1, 15.01.2018. Заявка № 2017100423 от 09.01.2017.
27. Толковый словарь по термическим методам воздействия на нефтяные пласты / Д.Г. Антониади [и др.]. – Краснодар, 2002.

### **Literature:**

1. Application of horizontal wells with multiple hydraulic fractures for the development of low-permeability formations on the example of the pilot site of the Ob field / G.G. Gilaev [et al.] // Scientific and technical bulletin of OAO NK Rosneft. – 2012. – № 2 (27). – P. 22–26.
2. Oil deposits in carbonate deposits of the Famennian stage of the Samara region: the history of discovery and prospect of prospecting / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2013. – № 10. – P. 38–40.
3. Improving the efficiency of the use of chemical reagents in OAO «NK «Rosneft» / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2012. – № 11. – P. 22–24.
4. Gilaev G.G., Gorbunov V.V., Gen O.P. Implementation of new technologies to improve the efficiency of wells in the fields of NK Rosneft-Krasnodarneftegaz // Oil industry. – 2005. – № 8. – P. 86–89.
5. The beginning of a new stage in the development of high-viscosity oil and natural bitumen deposits in Russia / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2011. – № 6. – P. 6–9.
6. Gilaev G.G. Development of theory and practice of production of hard-to-recover hydrocarbon reserves in complex fields. dissertation abstract for the degree of Doctor of Technical Sciences // Tyumen State Oil and Gas University. – Tyumen, 2004.
7. Enterprise budgeting system as a management tool / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2009. – № 10. – P. 16–18.
8. Issues of exploitation of sand-bearing formations. Influence of reservoir pressure on sand production from the reservoir during the operation of production wells / V.Yu. Bliznyukov [et al.] // Petroleum Engineer. – 2010. – № 1. – P. 11–22.
9. The beginning of a new stage in the development of high-viscosity oil and natural bitumen deposits in Russia / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2011. – № 6. – P. 6–9.
10. Application of heat-resistant well killing fluids based on oil emulsions / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2009. – № 8. – P. 64–67.
11. Hydraulic fracturing as a tool for the development of fields in the Samara region / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2014. – № 11. – P. 65–69.
12. Gilaev G.G. Research and development of a complex of technologies for isolating water inflows during the construction and operation of wells. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences // Tyumen Industrial University. – Tyumen, 1999.
13. Gilaev G.G., Khabibullin M.Ya., Gilaev A.G. Prospects for the use of acid gel for pumping proppant in the process of hydraulic fracturing of carbonate reservoirs in the Samara region // Oil Industry. – 2020. – № 8. – P. 54–57.
14. Bliznyukov V.Yu., Gilaev A.G., Gilaev G.G. Analysis of production casing disturbances during the development of sand-producing reservoirs with abnormally high reservoir pressures // Construction of oil and gas wells onshore and offshore. – 2010. – № 6. – P. 50–54.
15. Influence of physical and mechanical properties of the reservoir and the drop in reservoir pressure on sand production / V.Yu. Bliznyukov [et al.] // Petroleum Engineer. – 2010. – № 3. – P. 5–9.
16. Gilaev G.G. Control of technological processes for the intensification of oil production // Oil industry. – 2004. – № 10. – P. 74–77.
17. Gilaev A.G. Investigation of the influence of the removal of small particles of a productive formation on the change in oil recovery of low-permeability reservoirs // Dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Institute of Mechanical Engineering, A.A. Blagonravov of the Russian Academy of Sciences. – M., 2012.
18. Khabibullin M.Ya. Improving the cleaning of pumps for oil production from mechanical impurities. Equipment and technologies for the oil and gas complex. – 2017. – № 6. – P. 29–33.

19. Gilaev G.G. Methods of dealing with the main types of complications during well operation // Oil industry. – 2020. – № 4. – P. 62–66.
20. Methods of controlling sand production in production wells / G.G. Gilaev [et al.] // Oil and Gas Business. – 2021. – Vol. 19. – № 5. – P. 119–127.
21. Sand production in production wells and casing failure / V.Yu. Bliznyukov [et al.] // Evaluation of the regularities of the distribution of reservoir, pore pressures along the section of the wells of the Sladkovsko-Morozov group of fields. Construction of oil and gas wells on-shore and offshore. – 2010. – № 1. – P. 17–22.
22. Diagnostics of downhole pumping wells by dynamometry / G.G. Gilaev [et al.]. – Izhevsk, 2008.
23. Gilaev G.G., Suleimanov R.I. Improvement of equipment for thermoacid impulse action // In the collection: Modern technologies in oil and gas business – 2020. Collection of proceedings of the international scientific and technical conference. – 2020. – P. 361–367.
24. Gilaev G.G., Suleimanov R.I. Equipment for thermoacid impulse // In the collection: Modern technologies in oil and gas business – 2020. Collection of proceedings of the international scientific and technical conference. – 2020. – P. 341–345.
25. Gilaev G.G. Methods for dealing with the main types of complications during well operation // Oil industry. – 2020. – № 4. – P. 62–66.
26. Composition for acidizing the bottomhole formation zone / N.A. Ostankov [et al.] // Invention patent RU 2641044 C1, 15.01.2018. Application № 2017100423 dated 09/01/2017
27. Explanatory Dictionary of Thermal Methods of Impact on Oil Reservoirs / D.G. Antoniadi [et al.]. – Krasnodar, 2002.

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РОССИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

\*\*\*\*\*

## MODERN PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF OIL FIELDS IN RUSSIA AND WAYS OF THEIR SOLUTION

**Албухазаа Митхак Хамид**

магистрант

mithaqaljanaby@gmail.com

**Гиляев Гани Гайсинович**

доктор технических наук, профессор

кафедры нефтегазового дела им. профессора Г.Т. Вартумяна,

Кубанский государственный технологический университет

gggilaev@gmail.com

**Аннотация.** Современное развитие нефтедобывающей промышленности России характеризуется ухудшением структуры запасов нефти. Все большую роль в их структуре стали занимать трудноизвлекаемые запасы, эффективность выработки которых может быть достигнута лишь при условии применения новых высокоэффективных технологий повышения нефтеотдачи пластов. В связи с этим всё большее значение приобретает изучение современных проблем, связанных с разработкой месторождений и определение путей их решения, что и определяется в данной статье.

**Ключевые слова:** современные проблемы разработки, нефтеотдача, методы интенсификации добычи.

\*\*\*\*\*

**Albuhazaamithak Hamid**

Master's Student

mithaqaljanaby@gmail.com

**Gilaev Gani Gaisinovich**

Doctor of Technical Sciences,

Professor of the Department of Oil and Gas Business

named after Professor G.T. Vartumyana,

Kuban State Technological University

gggilaev@gmail.com

**Annotation.** The modern development of the oil industry in Russia is characterized by a deterioration in the structure of oil reserves. Hard-to-recover reserves began to play an increasingly important role in their structure, the production efficiency of which could be achieved only with the use of new highly efficient enhanced oil recovery technologies. In this regard, the study of modern problems associated with the development of deposits and the determination of ways to solve them, which is defined in this article, is becoming increasingly important.

**Keywords:** modern development problems, oil recovery, production intensification methods.

\*\*\*\*\*

**В** настоящее время в России в промышленной разработке находятся многие сотни нефтяных залежей и месторождений. Но качество разрабатываемых объектов существенно отличается от того, какое было 20–30 лет тому назад. Гигантские и крупнейшие нефтяные месторождения в значительной мере уже выработаны. Современ-

ные более высокие технические возможности разведки позволили открыть много малопродуктивных нефтяных залежей с трудноизвлекаемыми запасами нефти. Резко возросло число месторождений с теми или иными сложностями для извлечения запасов нефти, а именно: нефтегазовых и нефтегазоконденсатных, имеющих трещиноватые и трещиновато-поровые нефтяные пласты и содержащих маловязкую высокопарафинистую нефть, застывающую в поверхностных условиях при положительных температурах, и нефти повышенной, высокой и сверхвысокой вязкости. К тому же многие новые месторождения находятся в отдаленных необжитых районах с суровым климатом: север европейской части России, Западная и Восточная Сибирь, арктический шельф.

За последние 10–20 лет в мире существенно изменилась экономическая ситуация. На мировом рынке резко упала цена на нефть. В нашей стране произошел переход от плановой к рыночной экономике. Государство перестало заниматься производством. Нынешние очень большие налоги на добычу нефти в пользу государства экономически ограничивают бурение новых скважин и продолжение эксплуатации обводненных скважин. Кроме того, возросли требования к охране окружающей среды и соответственно экономические затраты на эту охрану.

В таких более трудных экономических условиях должна проявить себя инновационная активность нефтедобывающих компаний. В этих условиях особенно важной становится инновационная деятельность таких, средних по размеру, коммерческих нефтедобывающих компаний, как Российская инновационная топливно-энергетическая компания (РИТЭК), поскольку она мобильна и осуществляет общеинтересные и экономически рентабельные новации, которые можно будет тиражировать и применять на многих нефтяных месторождениях других нефтяных компаний России. Для осуществления современных комплексных информационно и наукоемких технологий необходима высокая квалификация инженеров-нефтяников, поэтому РИТЭК стала спонсором выпуска данного учебника. Основой почти всех известных применяемых технологий разработки нефтяных месторождений является заводнение, включая сюда влажное и сверхвлажное внутрислоевого горения, а также технологии с использованием углекислоты, различных полимеров, бактерий, волнового воздействия и др.

Кроме внутрислоевого горения, которое затруднительно из-за большой глубины скважин, а также закачки углекислоты в нефтяные пласты, все другое в том или ином виде, в том или ином объеме на предприятиях РИТЭК уже применяется или запроецировано к промышленному использованию.

Применение тех или иных технологий и их сочетаний в РИТЭК обязательно базируется на удовлетворительном теоретическом и экспериментальном значении их эффективности. Известно, что в нефтяной промышленности теоретические оценки эффективности нескольких новых технологий на практике не подтвердились. Все дело было в неполноте и неточности использованной теории, которая базировалась на модели однородного монолитного нефтяного пласта и не учитывала фактически значительную зональную и послойную неоднородность нефтяных пластов по проницаемости и наличие многих разделяющих непроницаемых прослоев. Подобные неточности теоретических оценок для РИТЭК как коммерческой компании недопустимы и крайне опасны.

РИТЭК в настоящее время занимается разработкой малопродуктивных нефтяных месторождений, которые были разведаны давно, 10–30 лет назад, но не вводились в разработку потому, что при стандартных, обычно применяемых технологиях и системах осуществление разработки таких месторождений является абсолютно нерентабельным, глубоко убыточным. Этот вывод был подтвержден многими авторитетными научными и проектными институтами. Однако РИТЭК осуществляет разработку именно таких нефтяных месторождений. Поэтому надо было искать нестандартные эффективные технические решения. Примером такого комплекса технических решений является предложенная РИТЭК система разработки малопродуктивных нефтяных месторождений Татарии, содержащих высоковязкую нефть.

Принятая РИТЭК система разработки месторождений включает в себя:

1. Рациональное объединение различных нефтяных пластов (или горизонтов) в один общий эксплуатационный горизонт (или объект). По этому способу рациональным считается такое объединение, которое, не снижая нефтеотдачи пластов, обеспечивая достижение и превышение утвержденной нефтеотдачи, приводит к увеличению среднего дебита нефти на скважину.

Именно этот способ применен при объединении нефтяных пластов на Енорускинском и других нефтяных месторождениях в Татарии.

При объединении пластов обычно наблюдается заметное или даже значительное увеличение общей неравномерности вытеснения нефти закачиваемой водой, но зато одновременно происходит значительное возрастание дебита нефти добывающих скважин, появляется возможность эксплуатировать добывающие скважины до более высокой обводненности. Более того, нередко объединение нефтяных пластов не только является лучшим, но единственно возможным и рентабельным вариантом разработки малопродуктивных нефтяных пластов.

2. Адаптивную систему разработки нефтяного месторождения из одного или нескольких эксплуатационных объектов, которая соответственно состоит из одной или нескольких взаимно согласованных сеток добывающих и нагнетательных скважин, в свою очередь составленных из равномерных квадратных сеток размещения скважин одного общего стандартного ряда квадратных сеток, и которая включает в себя рассредоточенное заводнение, первоначально проектируемое площадное по обращенной 9-то чечной схеме, при разбуривании превращаемое в приконтурное избирательное заводнение и вообще в избирательное заводнение.

На основе достаточной достоверной информации адаптивная система включает в себя разбуривание от центра к периферии, от известного к неизвестному, от лучшего к худшему; позволяет учитывать информацию, получаемую в процессе бурения и исследования скважин; сочетать промышленную разработку нефтяных пластов с их доразведкой.

3. Индивидуальную закачку воды в нагнетательные скважины при необходимом высоком давлении плунжерными насосами, находящимися на кустах скважин рядом с нагнетательными.

Это позволяет оптимизировать совместную работу нагнетательных и окружающих добывающих скважин; повысить пластовое давление выше его первоначального значения и тем самым увеличить дебиты добывающих скважин, но не допустить оттока нефти в законтурную водоносную область и потери там части извлекаемых запасов нефти.

4. Применение глубокой интенсивной перфорации нефтяных пластов с глубокой перфорационных каналов 50–100 см.

Бурение скважин и освоение нефтяных пластов должны выполняться высококачественно. Бурение проводится на равновесии забойного и пластового давлений или при небольшой депрессии с применением высококачественных стойких долот и качественных буровых растворов, перекрывателей пластов конструкции ТатНИПИнефти для отделения уже пробуренных и освоенных нефтяных пластов, чтобы исключить их последующее засорение.

Глубокая перфорация, примененная сразу на всех нефтяных пластах, позволяет все пласты вместе ввести в полноценную эксплуатацию, а глубокая перфорация, примененная избирательно в отдельных нефтяных слоях и пластах, ускорить темп отбора из них нефти и устранить их запаздывание с отбором запасов нефти.

В дальнейшем планируется применение «скважин-елок», т.е. вертикальных скважин, дополненных, как ветвями, несколькими горизонтальными каналами диаметром до 100 мм, протяженностью до 20–60 м, радиусом закругления (перехода от вертикали к го-



ризонтали) менее 5 м. Эти скважины будут иметь увеличенную в 2–3 раза производительность, такую же, как нынешние обычные горизонтальные скважины, но, кроме того, обладать высокой успешностью и надежностью.

5. Применение 6-дюймовых эксплуатационных колонн вместо обычно применяемых 5-дюймовых.

Это существенно облегчает исследования, эксплуатацию и ремонт скважин и значительно увеличивает их долговечность. Благодаря надежности работы всей системы скважин возрастает текущая и суммарная добыча нефти.

6. Чередующуюся закачку в нагнетательные скважины воды небольшой части (около 5–10 %) добытой высоковязкой и нефти.

Закачка воды в нагнетательные скважины ведется вплоть до ее появления в окружающих добывающих скважинах, после чего нагнетательные скважины-обводнительницы переводятся на чередующуюся закачку воды и небольшой части добытой высоко вязкой нефти.

Первый эффект резкое снижение соотношения подвижностей вытесняющего агента и нефти. Так, при чередовании воды и 5 % дегазированной добытой высоковязкой нефти соотношение подвижностей становится около 10; а при чередовании воды и 10 % дегазированной добытой высоковязкой нефти около 5. Второй эффект полезное проявление нестационарности фильтрации жидкостей, уменьшающее отрицательное влияние послонной неоднородности по проницаемости нефтяных пластов.

При нагнетании маловязкой воды размеры закачки воды в нагнетательные скважины могут намного превышать размеры отбора жидкости из окружающих добывающих скважин. Возникает ситуация, близкая к той, когда есть закачка, но нет отбора. Наоборот, при нагнетании высоковязкой нефти отбор жидкости может намного превышать закачку нефти. Возникает ситуация, близкая к той, когда есть отбор, но нет закачки.

При проектировании и анализе разработки нефтяных месторождений, нефтяных залежей и площадей применяется адаптивная математическая модель, которая на первом этапе проектирования является вероятностной, поскольку множество запроектированных, но еще не пробуренных (несуществующих) скважин имеют общую вероятностную характеристику (среднее значение и функцию распределения: коэффициента продуктивности, эффективной толщины, дебита нефти, закачки воды и закономерности обводнения), но в дальнейшем по мере бурения, исследования и эксплуатации скважин модель становится адресной и все более и более детерминированной, поскольку у конкретных скважин оказываются конкретные значения параметров (коэффициента продуктивности, эффективной толщины, эксплуатационных запасов нефти, закономерности обводнения и суммарного отбора нефти). Важно, что эти две крайние модели, вероятностная и адресная детерминированная, представляются одними и теми же уравнениями разработки нефтяной залежи, у которых по мере разбуривания и эксплуатации залежи уточняются параметры (дебит нефти, начальные извлекаемые запасы нефти, показатель неравномерности вытеснения нефти, коэффициент различия физических свойств нефти и вытесняющего агента и др.).

В разработке нефтяных месторождений в конечном счете все сводится к экономике: разработка должна быть экономически эффективной. Однако экономический взгляд должен быть не только на финише проектирования, но присутствовать в ходе всего проектирования и пронизывать все звенья системы разработки. При проектировании применяется критерий рациональности, который учитывает цену нефти и налоги, продуктивность нефтяных пластов, свойства фильтрующихся флюидов, геометрию размещения добывающих и нагнетательных скважин и применяемые забойные давления, осуществляемые капитальные и текущие экономические затраты, плату за используемый банковский кредит и др. Выбор рациональной плотности сетки скважин делается с учетом всех указанных выше факторов.

### **Литература:**

1. Применение горизонтальных скважин с множественными трещинами групп для разработки низкопроницаемых пластов на примере опытного участка приобского месторождения / Г.Г. Гилаев [и др.] // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». – 2012. – № 2 (27). – С. 22–26.
2. Нефтяные залежи в карбонатных отложениях фаменского яруса самарской области: история открытия и перспективы поиска / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 10. – С. 38–40.
3. Повышение эффективности использования химических реагентов в ОАО «НК «Роснефть» / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 11. – С. 22–24.
4. Гилаев Г.Г., Горбунов В.В., Генъ О.П. Внедрение новых технологий повышения эффективности работы скважин на месторождениях ОАО «НК «Роснефть»–Краснодарнефтегаз // Нефтяное хозяйство. – 2005. – № 8. – С. 86–89.
5. Начало нового этапа в освоении месторождений высоковязких нефтей и природных битумов в России / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 6. – С. 6–9.
6. Гилаев Г.Г. Развитие теории и практики добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на сложнопостроенных месторождениях. автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук // Тюменский государственный нефтегазовый университет. – Тюмень, 2004.
7. Система бюджетирования на предприятии как инструмент управления / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 10. – С. 16–18.
8. Вопросы эксплуатации пескопроявляющих пластов. Влияние пластового давления на вынос песка из коллектора при эксплуатации добывающих скважин / В.Ю. Близнюков [и др.] // Инженер-нефтяник. – 2010. – № 1. – С. 11–22.
9. Начало нового этапа в освоении месторождений высоковязких нефтей и природных битумов в России / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 6. – С. 6–9.
10. Применение термостойких жидкостей глушения на основе нефтяных эмульсий / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 8. – С. 64–67.
11. Гидравлический разрыв пласта как инструмент разработки месторождений самарской области / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 11. – С. 65–69.
12. Гилаев Г.Г. Исследование и разработка комплекса технологий изоляции водопритоков при строительстве и эксплуатации скважин. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Тюменский индустриальный университет. – Тюмень, 1999.
13. Гилаев Г.Г., Хабибуллин М.Я., Гилаев А.Г. Перспективы применения кислотного геля для закачки пропанта в процессе проведения гидроразрыва карбонатных пластов на территории самарской области // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 8. – С. 54–57.
14. Близнюков В.Ю., Гилаев А.Г., Гилаев Г.Г. Анализ нарушений эксплуатационных колонн при разработке пескопроявляющих продуктивных пластов с аномально высокими пластовыми давлениями // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 6. – С. 50–54.
15. Влияние физико-механических свойств пласта и падения пластового давления на пескопроявление / В.Ю. Близнюков [и др.] // Инженер-нефтяник. – 2010. – № 3. – С. 5–9.
16. Гилаев Г.Г. Управление технологическими процессами по интенсификации добычи нефти // Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 10. – С. 74–77.
17. Гилаев А.Г. Исследование влияния выноса мелких частиц продуктивного пласта на изменение нефтеотдачи низкопроницаемых коллекторов: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук. – Москва, 2012.

18. Хабибуллин М.Я. Совершенствование очистки насосов для добычи нефти от механических примесей // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2017. – № 6. – С. 29–33.
19. Гилаев Г.Г. Методы борьбы с основными видами осложнений при эксплуатации скважин // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 4. – С. 62–66.
20. Методы борьбы с пескопроявлениями в эксплуатационных скважинах / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтегазовое дело. – 2021. – Т. 19. – № 5. – С. 119–127.
21. Пескопроявление в добывающих скважинах и нарушение обсадных колонн. Оценка закономерностей распределения пластовых, поровых давлений по разрезу скважин сладковско-морозовской группы месторождений / В.Ю. Близнюков [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 1. – С. 17–22.
22. Диагностирование глубинно-насосных скважин динамометрированием / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Ижевск, 2008.
23. Гилаев Г.Г., Сулейманов Р.И. Совершенствование оборудования для термокислотного импульсного воздействия // В сборнике: Современные технологии в нефтегазовом деле – 2020. Сборник трудов международной научно-технической конференции. – 2020. – С. 361–367.
24. Гилаев Г.Г., Сулейманов Р.И. Оборудование для термокислотного импульсирования // В сборнике: современные технологии в нефтегазовом деле – 2020. Сборник трудов международной научно-технической конференции. – 2020. – С. 341–345.
25. Гилаев Г.Г. Методы борьбы с основными видами осложнений при эксплуатации скважин // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 4. – С. 62–66.
26. Состав для кислотной обработки призабойной зоны пласта / Н.А. Останков [и др.] // Патент на изобретение RU 2641044 С1, 15.01.2018. Заявка № 2017100423 от 09.01.2017.
27. Толковый словарь по термическим методам воздействия на нефтяные пласты / Д.Г. Антониади [и др.]. – Краснодар, 2002.

#### **Literature:**

1. Application of horizontal wells with multiple hydraulic fractures for the development of low-permeability formations on the example of the pilot site of the Ob field / G.G. Gilaev [et al.] // Scientific and technical bulletin of OAO NK Rosneft. – 2012. – № 2 (27). – P. 22–26.
2. Oil deposits in carbonate deposits of the Famennian stage of the Samara region: the history of discovery and prospect of prospecting / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2013. – № 10. – P. 38–40.
3. Improving the efficiency of the use of chemical reagents in OAO «NK «Rosneft» / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2012. – № 11. – P. 22–24.
4. Gilaev G.G., Gorbunov V.V., Gen O.P. Implementation of new technologies to improve the efficiency of wells in the fields of NK Rosneft-Krasnodarneftegaz // Oil industry. – 2005. – № 8. – P. 86–89.
5. The beginning of a new stage in the development of high-viscosity oil and natural bitumen deposits in Russia / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2011. – № 6. – P. 6–9.
6. Gilaev G.G. Development of theory and practice of production of hard-to-recover hydrocarbon reserves in complex fields. dissertation abstract for the degree of Doctor of Technical Sciences // Tyumen State Oil and Gas University. – Tyumen, 2004.
7. Enterprise budgeting system as a management tool / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2009. – № 10. – P. 16–18.
8. Issues of exploitation of sand-bearing formations. Influence of reservoir pressure on sand production from the reservoir during the operation of production wells / V.Yu. Bliznyukov [et al.] // Petroleum Engineer. – 2010. – № 1. – P. 11–22.

9. The beginning of a new stage in the development of high-viscosity oil and natural bitumen deposits in Russia / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2011. – № 6. – P. 6–9.
10. Application of heat-resistant well killing fluids based on oil emulsions / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2009. – № 8. – P. 64–67.
11. Hydraulic fracturing as a tool for the development of fields in the Samara region / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2014. – № 11. – P. 65–69.
12. Gilaev G.G. Research and development of a complex of technologies for isolating water inflows during the construction and operation of wells. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences // Tyumen Industrial University. – Tyumen, 1999.
13. Gilaev G.G., Khabibullin M.Ya., Gilaev G.G. Prospects for the use of acid gel for pumping proppant in the process of hydraulic fracturing of carbonate reservoirs in the Samara region // Oil Industry. – 2020. – № 8. – P. 54–57.
14. Bliznyukov V.Yu., Gilaev A.G., Gilaev G.G. Analysis of production casing disturbances during the development of sand-producing reservoirs with abnormally high reservoir pressures // Construction of oil and gas wells onshore and offshore. – 2010. – № 6. – P. 50–54.
15. Influence of physical and mechanical properties of the reservoir and the drop in reservoir pressure on sand production / V.Yu. Bliznyukov [et al.] // Petroleum Engineer. – 2010. – № 3. – P. 5–9.
16. Gilaev G.G. Control of technological processes for the intensification of oil production // Oil industry. – 2004. – № 10. – P. 74–77.
17. Gilaev A.G. Investigation of the influence of the removal of small particles of a productive formation on the change in oil recovery of low-permeability reservoirs // Dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Institute of Mechanical Engineering. A.A. Blagonravov of the Russian Academy of Sciences. – M., 2012.
18. Khabibullin M.Ya. Improving the cleaning of pumps for oil production from mechanical impurities. Equipment and technologies for the oil and gas complex. – 2017. – № 6. – P. 29–33.
19. Gilaev G.G. Methods of dealing with the main types of complications during well operation // Oil industry. – 2020. – № 4. – P. 62–66.
20. Methods of controlling sand production in production wells / G.G. Gilaev [et al.] // Oil and Gas Business. – 2021. – Vol. 19. – № 5. – P. 119–127.
21. Sand production in production wells and casing failure / V.Yu. Bliznyukov [et al.] // Evaluation of the regularities of the distribution of reservoir, pore pressures along the section of the wells of the Sladkovsko-Morozov group of fields. Construction of oil and gas wells onshore and offshore. – 2010. – № 1. – P. 17–22.
22. Diagnostics of downhole pumping wells by dynamometry / G.G. Gilaev [et al.]. – Izhevsk, 2008.
23. Gilaev G.G., Suleimanov R.I. Improvement of equipment for thermoacid impulse action // In the collection: Modern technologies in oil and gas business – 2020. Collection of proceedings of the international scientific and technical conference. – 2020. – P. 361–367.
24. Gilaev G.G., Suleimanov R.I. Equipment for thermoacid impulse // In the collection: Modern technologies in oil and gas business – 2020. Collection of proceedings of the international scientific and technical conference. – 2020. – P. 341–345.
25. Gilaev G.G. Methods for dealing with the main types of complications during well operation // Oil industry. – 2020. – № 4. – P. 62–66.
26. Composition for acidizing the bottomhole formation zone / N.A. Ostankov [et al.] // Invention patent RU 2641044 C1, 15.01.2018. Application № 2017100423 dated 09/01/2017
27. Explanatory Dictionary of Thermal Methods of Impact on Oil Reservoirs / D.G. Antoniadi [et al.]. – Krasnodar, 2002.

## ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗАВОДНЕНИЯ

\*\*\*\*\*

## PROBLEMS OF FIELD DEVELOPMENT WITH THE APPLICATION OF FLOODING

**Албухазаа Митхак Хамид**

магистрант

mithaqaljanaby@gmail.com

**Гиляев Гани Гайсинович**

доктор технических наук, профессор

кафедры Нефтегазового дела им. профессора Г.Т. Вартумяна

Кубанский государственный технологический университет

gggilaev@gmail.com

**Аннотация:** В современных условиях всё более широкой становится проблема повышения дебета скважин и увеличения нефтеотдачи пластов. Наиболее частым методом повышения воздействия на процесс разработки скважин является применение наводнения для поддержания пластовых давлений. Однако данный процесс связан с рядом проблем. В настоящей статье рассмотрены особенности применения наводнения как метода поддержания пластового давления и проблемы, с которыми сталкиваются при этом.

**Ключевые слова:** заводнение, поддержание пластового давления, обводнённость, нефтеотдача.

\*\*\*\*\*

**Albuhazaa Mithak Hamid**

Master's Student

mithaqaljanaby@gmail.com

**Gilaev Gani Gaisinovich**

Doctor of Technical Sciences,

Professor of the Department of Oil and Gas Business

named after Professor G.T. Vartumyana,

Kuban State Technological University

gggilaev@gmail.com

**Annotation.** In modern conditions, the problem of increasing the flow rate of wells and increasing oil recovery is becoming more and more widespread. The most common method of increasing the impact on the well development process is the use of waterflooding to maintain reservoir pressures. However, this process is associated with a number of problems. This article discusses the features of the application of waterflooding as a method of maintaining reservoir pressure and the problems encountered in this case.

**Keywords:** waterflooding, reservoir pressure maintenance, water cut, oil recovery.

\*\*\*\*\*

**П**ромышленное применение заводнения нефтяных пластов в России было начато в 1948 г. при разработке девонских горизонтов Туймазинского нефтяного месторождения. К этому времени уже были известны опыты закачки воды в нефтяные пласты с целью пополнения пластовой энергии, про водившиеся в различных странах.

При разработке нефтяных месторождений в России с применением заводнения вначале использовали законтурное заводнение. При этом нагнетательные скважины бурили за внешним контуром нефтеносности, вдоль него. Добывающие скважины располагали также вдоль контура нефтеносности. Линии расположения нагнетательных скважин были удалены от первых рядов добывающих скважин на 1–6 км.

Законтурное заводнение применяли на месторождениях, продуктивные пласты которых были сложены в основном песчаниками и алевролитами с проницаемостью 0,3–1,0 мкм<sup>2</sup>. Вязкость нефти в пластовых условиях заводняемых месторождений составляла  $1-5 \cdot 10^{-3}$  Па.

Законтурное заводнение осуществлялось часто начала разработки месторождений, а спустя некоторое время, в течение которого происходило падение пластового давления. Тем не менее закачка воды в законтурную область пласта позволяла в течение одного-двух лет настолько восполнить запас пластовой энергии, что оно стабилизировалось не с самого

Использование заводнения нефтяных пластов привело вначале к возникновению технологической трудности, связанной низкой приемистостью нагнетательных скважин. Пласты, которые, согласно формуле Дюпюи, должны были при используемых перепадах давления поглощать запроектированные расходы воды практически ее не принимали. Широкое применение методов воздействия на призабойную зону скважин, таких, как гидравлический разрыв пласта и кислотные обработки, и, главным образом, использование повышенных давлений нагнетания пористости вели к существенному увеличению приемистости нагнетательных скважины, по сути дела, к решению проблемы их освоения.

Опыт разработки нефтяных месторождений с применением законтурного заводнения привел к следующим основным выводам:

1. Законтурное заводнение позволяет не только поддерживать пластовое давление на первоначальном уровне, но и превышать его.

2. Использование законтурного заводнения дает возможность обеспечивать доведение максимального темпа разработки месторождений до 5–7 % от начальных извлекаемых запасов, применять системы разработки с параметром плотности сетки скважин 20–60 · 10<sup>4</sup> м<sup>2</sup>/скв. при довольно высокой конечной нефтеотдаче, достигающей 0,50–0,55 в сравнительно однородных пластах, и при вязкости нефти в пластовых условиях порядка –  $5 \cdot 10^{-3}$  Па.

3. При разработке крупных по площади месторождений с числом рядов добывающих скважин больше пяти законтурное заводнение оказывает слабое воздействие на центральные части, в результате чего добыча нефти из этих частей оказывается рождений в целом не может быть достаточно высоким при законтурном заводнении.

4. Законтурное заводнение не позволяет воздействовать на отдельные локальные участки пласта с целью ускорения извлечения из них нефти, выравнивания пластового давления в раз личных пластах и пропластках и т.д.

5. При законтурном заводнении довольно значительная часть воды, закачиваемой в пласт, уходит в водоносную область, находящуюся за контуром нефтеносности, не вытесняя нефть. Указанные результаты законтурного заводнения нефтяных пластов вызвали дальнейшее усовершенствование разработки нефтяных месторождений и привели к целесообразности использования внутри контурного заводнения, особенно крупных месторождений, с разрезанием пластов рядами скважин на отдельные площади или блоки. Наиболее целесообразно разрезание разрабатываемых пластов рядами нагнетательных скважин на отдельные блоки таким образом, чтобы между рядами нагнетательных скважин в блок (полосе) находилось не более пяти рядов добывающих скважин. Так возникла широко используемая разновидность рядных систем – блокковые системы разработки нефтяных месторождений: однорядная, трех рядная и пяти рядная.

Использование систем разработки с внутриконтурным разрезанием позволило в 2–2,5 раза увеличить темпы разработки по сравнению с законтурным заводнением, существенно улучшить технико-экономические показатели разработки. Блочные рядные системы нашли большое применение при разработке нефтяных месторождений во многих нефтедобывающих районах, особенно в Западной Сибири.

В дальнейшем, в основном с целью расположения резервных скважин, интенсификации и регулирования разработки месторождений, стали применять схемы очагового и избирательного заводнения, при использовании которых нагнетательные и до бывающие скважины располагают не в соответствии с принятой упорядоченной системой разработки, а на отдельных участках пластов.

Очаговое и избирательное заводнение стали впервые применять на нефтяных месторождениях Татарии. Заводнение нефтяных пластов с его разновидностями в настоящее время – главный метод воздействия на нефтяные пласты с целью извлечения нефти сохранил, видимо, не только в XX, но и в начале XXI.

Обширные фактические данные по разработке нефтяных месторождений с применением заводнения во многих случаях подтверждают с той или иной степенью точности некоторые основанные теоретические результаты, получаемые на основе моделей поршневого и не поршневого вытеснения нефти водой из однородного, слоисто-неоднородного, а также трещиноватого и трещиновато-пористого пластов, если модель соответствует реальному пласту. Фактическое изменение пластового давления, добыча нефти и жидкости, зависимость текущей обводненности от нефтеотдачи согласуются с расчетными. Однако проблема правильного выбора модели, наиболее точно отражающей главные особенности разработки пласта, еще далека от своего полного разрешения. Модели разработки пластов, наиболее соответствующие действительности, могут быть построены лишь на основе тщательного изучения и учета свойств пласта и сопоставления результатов расчета процесса разработки пласта с фактическими данными. В последние годы в связи с ростом вычислительно-компьютерных возможностей получают большее развитие адресные модели пластов и процессов разработки. Их использование приводит к необходимости решения двумерных и трехмерных задач многофазной и в ряде случаев многокомпонентной фильтрации.

Богатый и весьма многообразный опыт применения заводнения в России позволил не только вполне определенно выявить его технологические возможности, но и сформулировать проблемы, связанные с этим методом воздействия на пласты.

Если до  $> 100$ , заводнение нефтяных месторождений, осуществляемое путем закачки в пласты обычной воды, оказывается неэффективным, поскольку конечная нефтеотдача получается низкой (порядка 0,1).

Пропластки, входящие в объекты разработки, не поглощают воду и, следовательно, из них не вытесняется нефть. Кроме того, обводнение отдельных нефтяных скважин происходит весьма неравномерно даже при их строго упорядоченном расположении на нефтеносной площади месторождения, что ведет к оставлению в пласте не охваченных заводнением нефтенасыщенных зон.

Опыт применения заводнения показал, что решение проблемы повышения охвата пластов можно получить путем комплексного использования методов воздействия на призабойную зону добывающих и нагнетательных скважин, повышенных давлений нагнетания, эффективных средств подъема жидкости из скважин, методов регулирования разработки месторождений, а также выбора наиболее подходящей для физико-геологических условий месторождения системы его разработки и, в первую очередь, соответствующего выбора объектов разработки и плотности сетки скважин.

При этом систему разработки, конечно, приходится выбирать на стадии составления технологической схемы разработки, когда месторождение еще недостаточно хорошо изучено. При выборе оптимальных объектов разработки очень важную роль играет зна-

ние степени сообщаемости отдельных пластов по вертикали. Известно, что трещиноватость свойственна не только карбонатным коллекторам, но и пластам, сложенным песчаниками и алевролитами.

Оптимальные объекты разработки и плотность сетки скважин, как и с учетом разработки месторождения в целом, следует выбирать на основе технико-экономического анализа. Однако зависимость коэффициента охвата пласта заведением от степени объединения пластов в объекты разработки и параметры плотности сетки скважин устанавливаются только на основе совместного изучения геологического строения пластов месторождения и процесса вытеснения из него нефти водой при различных системах разработки или многофакторного анализа результатов фактической разработки пластов с различной степенью объединения их в объекте разработки и различными параметрами плотности сетки скважин.

Для иллюстрации одного из приведенных положений рассмотрим в основных чертах методику нахождения зависимости  $12 = 2(S)$  на основе анализа возможных вариантов разработки месторождения при различных значениях параметра использованием зональных карт неоднородности месторождения.

Допустим, что разрабатываемый пласт месторождения состоит из нескольких пропластков, разделенных про слоями непроницаемых пород. С целью построения зависимости для пласта в целом будем поочередно выделять из него отдельные пропластки и изучать, как зависит охват заводнением каждого пропластка от плотности сетки скважин. Для упрощения будем считать, что неоднородность каждого из пропластков характеризуется линзами, не сообщающимися с остальной частью пласта. Если при некоторой плотности сетки скважин линзу вскрывают одновременно не менее двух скважин, одна из которых нагнетательная, а другая – добывающая, то такая линза считается охваченной разработкой. Если же линзу не вскрыет ни одна пара скважин, одна из которых добывающая, а другая – нагнетательная то эта линза принимается невовлеченной в разработку, а содержащиеся в ней запасы нефти исключаются из запасов, охваченных разработкой.

Выделим из изучаемого участка разрабатываемого слоистого пласта пропласток А. Этот пропласток содержит в пределах участка три линзы: 3, 4 и 5. Будем считать, что при разработке месторождения применяют однорядную схему расположения скважин. Рассмотрим изменение охвата пласта разработкой при этой схеме расположения скважин, но при двух различных  $S_1$  и  $S_2$ , причем  $S_{c1} > S_2$ . В случае соответствующем  $S_c = S_{c1}$ , охватывается разработкой только линза 4. Запасы нефти, содержащиеся в линзах 3 и 5, должны быть исключены из извлекаемых запасов рассматриваемого участка пласта.

Во втором случае при той же схеме расположения скважин плотность сетки скважин выше ( $S_c < S_{c1}$ ) и в линзы 3 и 5 пропластка А «попадают» не менее одной нагнетательной и одной добывающей скважины. Следовательно, все линзы охватываются разработкой и коэффициент охвата пласта будет выше, чем в первом случае.

Из приведенного примера следует, что для нахождения зависимости коэффициента охвата пластов месторождения разработкой следует прежде всего изучить и знать макронеоднородность пласта. Необходимо при этом отметить, что на охват пластов месторождения разработкой влияет не только их линзовидность, но и другие виды неоднородности и тектонические нарушения. Трещиноватость пластов может играть полезную роль в повышении их охвата разработкой, поскольку с помощью трещин соединяются литологические и неоднородные пропластки, в результате чего повышается однородность пластов. Однако наличие единичных длинных трещин может привести к преждевременным прорывам закачиваемой воды в добывающие скважины и к снижению коэффициента охвата пластов заводнением.



Для решения проблемы повышения охвата пластов заводнением необходимо количественно прогнозировать характер процесса вытеснения нефти водой в неоднородных пластах при различных системах разработки и рассчитывать, к каким результатам могут приводить те или иные мероприятия по частичному изменению системы разработки или режимов работы скважин, т.е. мероприятия по регулированию разработки.

### **Литература:**

1. Применение горизонтальных скважин с множественными трещинами грп для разработки низкопроницаемых пластов на примере опытного участка приобского месторождения / Г.Г. Гилаев [и др.] // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». – 2012. – № 2 (27). – С. 22–26.
2. Нефтяные залежи в карбонатных отложениях фаменского яруса самарской области: история открытия и перспективы поиска / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 10. – С. 38–40.
3. Повышение эффективности использования химических реагентов в ОАО «НК «Роснефть» / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 11. – С. 22–24.
4. Гилаев Г.Г., Горбунов В.В., Гень О.П. Внедрение новых технологий повышения эффективности работы скважин на месторождениях ОАО «НК «Роснефть»–Краснодарнефтегаз // Нефтяное хозяйство. – 2005. – № 8. – С. 86–89.
5. Начало нового этапа в освоении месторождений высоковязких нефтей и природных битумов в России / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 6. – С. 6–9.
6. Гилаев Г.Г. Развитие теории и практики добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на сложнопостроенных месторождениях. автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук // Тюменский государственный нефтегазовый университет. – Тюмень, 2004.
7. Система бюджетирования на предприятии как инструмент управления / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 10. – С. 16–18.
8. Вопросы эксплуатации пескопроявляющих пластов. Влияние пластового давления на вынос песка из коллектора при эксплуатации добывающих скважин / В.Ю. Близнюков [и др.] // Инженер-нефтяник. – 2010. – № 1. – С. 11–22.
9. Начало нового этапа в освоении месторождений высоковязких нефтей и природных битумов в России / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 6. – С. 6–9.
10. Применение термостойких жидкостей глушения на основе нефтяных эмульсий / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 8. – С. 64–67.
11. Гидравлический разрыв пласта как инструмент разработки месторождений самарской области / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 11. – С. 65–69.
12. Гилаев Г.Г. Исследование и разработка комплекса технологий изоляции водопритоков при строительстве и эксплуатации скважин. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Тюменский индустриальный университет. – Тюмень, 1999.
13. Гилаев Г.Г., Хабибуллин М.Я., Гилаев Г.Г. Перспективы применения кислотного геля для закачки проппанта в процессе проведения гидроразрыва карбонатных пластов на территории самарской области // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 8. – С. 54–57.
14. Близнюков В.Ю., Гилаев А.Г., Гилаев Г.Г. Анализ нарушений эксплуатационных колонн при разработке пескопроявляющих продуктивных пластов с аномально высокими пластовыми давлениями // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 6. – С. 50–54.
15. Влияние физико-механических свойств пласта и падения пластового давления на пескопроявление / В.Ю. Близнюков [и др.] // Инженер-нефтяник. – 2010. – № 3. – С. 5–9.
16. Гилаев Г.Г. Управление технологическими процессами по интенсификации добычи нефти // Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 10. – С. 74–77.

17. Гилаев А.Г. Исследование влияния выноса мелких частиц продуктивного пласта на изменение нефтеотдачи низкопроницаемых коллекторов: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук. – Москва, 2012.
18. Хабибуллин М.Я. Совершенствование очистки насосов для добычи нефти от механических примесей // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2017. – № 6. – С. 29–33.
19. Гилаев Г.Г. Методы борьбы с основными видами осложнений при эксплуатации скважин // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 4. – С. 62–66.
20. Методы борьбы с пескопроявлениями в эксплуатационных скважинах / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтегазовое дело. – 2021. – Т. 19. – № 5. – С. 119–127.
21. Пескопроявление в добывающих скважинах и нарушение обсадных колонн. Оценка закономерностей распределения пластовых, поровых давлений по разрезу скважин сладковско-морозовской группы месторождений / В.Ю. Близунов [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 1. – С. 17–22.
22. Диагностирование глубинно-насосных скважин динамометрированием / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Ижевск, 2008.
23. Гилаев Г.Г., Сулейманов Р.И. Совершенствование оборудования для термокислотного импульсного воздействия // В сборнике: Современные технологии в нефтегазовом деле – 2020. Сборник трудов международной научно-технической конференции. – 2020. – С. 361–367.
24. Гилаев Г.Г., Сулейманов Р.И. Оборудование для термокислотного импульсирования // В сборнике: современные технологии в нефтегазовом деле – 2020. Сборник трудов международной научно-технической конференции. – 2020. – С. 341–345.
25. Гилаев Г.Г. Методы борьбы с основными видами осложнений при эксплуатации скважин // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 4. – С. 62–66.
26. Состав для кислотной обработки призабойной зоны пласта / Н.А. Останков [и др.] // Патент на изобретение RU 2641044 С1, 15.01.2018. Заявка № 2017100423 от 09.01.2017.
27. Толковый словарь по термическим методам воздействия на нефтяные пласты / Д.Г. Антониади [и др.]. – Краснодар, 2002.

#### **Literature:**

1. Application of horizontal wells with multiple hydraulic fractures for the development of low-permeability formations on the example of the pilot site of the Ob field / G.G. Gilaev [et al.] // Scientific and technical bulletin of OAO NK Rosneft. – 2012. – № 2 (27). – P. 22–26.
2. Oil deposits in carbonate deposits of the Famennian stage of the Samara region: the history of discovery and prospect of prospecting / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2013. – № 10. – P. 38–40.
3. Improving the efficiency of the use of chemical reagents in OAO «NK «Rosneft» / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2012. – № 11. – P. 22–24.
4. Gilaev G.G., Gorbunov V.V., Gen O.P. Implementation of new technologies to improve the efficiency of wells in the fields of NK Rosneft-Krasnodarneftegaz // Oil industry. – 2005. – № 8. – P. 86–89.
5. The beginning of a new stage in the development of high-viscosity oil and natural bitumen deposits in Russia / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2011. – № 6. – P. 6–9.
6. Gilaev G.G. Development of theory and practice of production of hard-to-recover hydrocarbon reserves in complex fields. dissertation abstract for the degree of Doctor of Technical Sciences // Tyumen State Oil and Gas University. – Tyumen, 2004.
7. Enterprise budgeting system as a management tool / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2009. – № 10. – P. 16–18.

8. Issues of exploitation of sand-bearing formations. Influence of reservoir pressure on sand production from the reservoir during the operation of production wells / V.Yu. Bliznyukov [et al.] // *Petroleum Engineer.* – 2010. – № 1. – P. 11–22.
9. The beginning of a new stage in the development of high-viscosity oil and natural bitumen deposits in Russia / G.G. Gilaev [et al.] // *Oil industry.* – 2011. – № 6. – P. 6–9.
10. Application of heat-resistant well killing fluids based on oil emulsions / G.G. Gilaev [et al.] // *Oil industry.* – 2009. – № 8. – P. 64–67.
11. Hydraulic fracturing as a tool for the development of fields in the Samara region / G.G. Gilaev [et al.] // *Oil industry.* – 2014. – № 11. – P. 65–69.
12. Gilaev G.G. Research and development of a complex of technologies for isolating water inflows during the construction and operation of wells. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences // Tyumen Industrial University. – Tyumen, 1999.
13. Gilaev G.G., Khabibullin M.Ya., Gilaev G.G. Prospects for the use of acid gel for pumping proppant in the process of hydraulic fracturing of carbonate reservoirs in the Samara region // *Oil Industry.* – 2020. – № 8. – P. 54–57.
14. Bliznyukov V.Yu., Gilaev A.G., Gilaev G.G. Analysis of production casing disturbances during the development of sand-producing reservoirs with abnormally high reservoir pressures // *Construction of oil and gas wells onshore and offshore.* – 2010. – № 6. – P. 50–54.
15. Influence of physical and mechanical properties of the reservoir and the drop in reservoir pressure on sand production / V.Yu. Bliznyukov [et al.] // *Petroleum Engineer.* – 2010. – № 3. – P. 5–9.
16. Gilaev G.G. Control of technological processes for the intensification of oil production // *Oil industry.* – 2004. – № 10. – P. 74–77.
17. Gilaev A.G. Investigation of the influence of the removal of small particles of a productive formation on the change in oil recovery of low-permeability reservoirs // Dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Institute of Mechanical Engineering. A.A. Blagonravov of the Russian Academy of Sciences. – M., 2012.
18. Khabibullin M.Ya. Improving the cleaning of pumps for oil production from mechanical impurities. Equipment and technologies for the oil and gas complex. – 2017. – № 6. – P. 29–33.
19. Gilaev G.G. Methods of dealing with the main types of complications during well operation // *Oil industry.* – 2020. – № 4. – P. 62–66.
20. Methods of controlling sand production in production wells / G.G. Gilaev [et al.] // *Oil and Gas Business.* – 2021. – Vol. 19. – № 5. – P. 119–127.
21. Sand production in production wells and casing failure / V.Yu. Bliznyukov [et al.] // *Evaluation of the regularities of the distribution of reservoir, pore pressures along the section of the wells of the Sladkovsko-Morozov group of fields. Construction of oil and gas wells onshore and offshore.* – 2010. – № 1. – P. 17–22.
22. Diagnostics of downhole pumping wells by dynamometry / G.G. Gilaev [et al.]. – Izhevsk, 2008.
23. Gilaev G.G., Suleimanov R.I. Improvement of equipment for thermoacid impulse action // In the collection: *Modern technologies in oil and gas business* – 2020. Collection of proceedings of the international scientific and technical conference. – 2020. – P. 361–367.
24. Gilaev G.G., Suleimanov R.I. Equipment for thermoacid impulse // In the collection: *Modern technologies in oil and gas business* – 2020. Collection of proceedings of the international scientific and technical conference. – 2020. – P. 341–345.
25. Gilaev G.G. Methods for dealing with the main types of complications during well operation // *Oil industry.* – 2020. – № 4. – P. 62–66.
26. Composition for acidizing the bottomhole formation zone / N.A. Ostankov [et al.] // *Invention patent RU 2641044 C1, 15.01.2018. Application № 2017100423 dated 09/01/2017*
27. Explanatory Dictionary of Thermal Methods of Impact on Oil Reservoirs / D.G. Antoniadi [et al.]. – Krasnodar, 2002.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ И БЕЗОПАСНОСТЬ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ

\*\*\*\*\*

### ENVIRONMENTAL RISKS AND SAFETY OF OIL AND GAS FACILITIES

**Аливердиев Аликпер Ямудинович**

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
barbarian008@mail.ru

**Шиян Станислав Иванович**

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

**Абдурашидов Хази Абдугамидович**

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

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены основные способы устранения рисков при добыче нефти и последующей ее эксплуатации, а также разновидности проблем при добыче и эксплуатации нефти.

**Ключевые слова:** углеводородное топливо, загрязнение окружающей среды, экология, безопасность нефтегазовых объектов, угрозы безопасности.

\*\*\*\*\*

**Aliverdiev Alikper Yamudinovich**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Engineering»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
barbarian008@mail.ru

**Shiyan Stanislav Ivanovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of Oil and Gas Field Equipment,  
Kuban State Technological University  
akngs@mail.ru

**Abdurashidov Khazi Abdulgamidovich**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Engineering»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
y.runo@mail.ru

**Annotation.** This article discusses the main ways to eliminate risks in oil production and its subsequent operation, as well as the types of problems in oil production and operation.

**Keywords:** hydrocarbon fuel, environmental pollution, ecology, safety of oil and gas facilities, security threats.

\*\*\*\*\*

**Н**ефть – природный продукт, который всегда попадал в биосферу естественным путем. В естественном углеродном цикле нефть не является загрязнителем. Загрязнение начинается тогда, когда в окружающую среду привносятся вещества в концентрациях, выводящих экосистему из состояния равновесия и приводящих к негативным последствиям. Иными словами: загрязнение – это то, что находится не в том месте, не в то время и не в том количестве. Загрязнителем, например, может выступать даже чистая вода, если в экосистеме она является лишней по отношению к природной норме. Проблема заключается в том, что нефть в огромных количествах распространяется далеко за пределы промыслов, и отходы ее использования попадают в воздух, почву и воду.

Удельные потери нефти российских добывающих компаний составляют в среднем 5,2 кг на тонну добытой нефти. Удельные потери предприятий нефтепереработки тоже велики и составляют в среднем 4,5 кг на тонну переработанной нефти.

Во всех сферах нефтегазового бизнеса необходимо обеспечивать экологическую и энергетическую безопасность. Под энергетической безопасностью понимается возможность стабильного обеспечения физических поставок энергоносителей для внутреннего потребления. Под экологической безопасностью понимается защищенность жизненно важных интересов личности, общества и государства от угроз природного и техногенного характера.

Угрозы безопасности возникают при чрезвычайной ситуации – обстановке на определенной территории, сложившейся в результате аварии или стихийного бедствия, которая может повлечь за собой человеческие жертвы, нанести ущерб, здоровью людей, окружающей среде или причинить значительные материальные потери. К техногенным чрезвычайным ситуациям относятся разные типы аварий: пожары, взрывы, затопления, крушения транспортных средств, выбросы опасных веществ, разрушения сооружений.

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) является основой энергоснабжения любой страны. Деятельность предприятий ТЭКа приводит к мощному техногенному воздействию на окружающую природную среду. На его долю приходится около половины выбросов вредных веществ в атмосферу, около четверти сбросов загрязненных сточных вод в поверхностные водоемы и до 70 % общего объема парниковых газов.

Нефтегазовый комплекс (НГК) является одной из составляющих ТЭКа. На всех стадиях хозяйственной деятельности НГК объектами воздействия являются все компоненты природной среды: атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, морские акватории, почвы, недра, растительный покров и биотические комплексы.

Для традиционных нефтедобывающих регионов наиболее острой является проблема загрязнения природной среды нефтью и нефтепродуктами. Особенно важно обеспечить экологическую безопасность при реализации новых крупных проектов освоения морских месторождений и прокладке магистральных трубопроводов по морскому дну. Проблема загрязнения вызвана недостаточным уровнем экологичности технологических процессов и слабой работой природоохранных служб.

Основным показателем безопасности является риск, который представляет собой вероятность возникновения опасного события. Количественно риск определяется как произведение вероятности отказа и ущерба, измеряемого в денежном выражении. Система принятия решений по обеспечению безопасности носит название управление рисками.

Технические риски являются предметом исследования теории надежности и ассоциируются с безотказностью и ресурсом технических систем. Экологические риски выражают опасность негативных воздействий на природу, нарушения нормального существования биоценозов, деградации почв, ухудшения воздушного бассейна. Понятие экологического риска приложимо к масштабам населенного пункта, региона или всей планеты.

Оценка экологического риска последствий решений, принимаемых в сфере нового строительства объектов НГК, приобретает все большее значение в связи с повышением требований экологического законодательства. В разделах проектов «Охрана окружающей среды» и «Оценка воздействия на окружающую среду» желательно давать количественное определение экологического риска. Например, при оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах рассчитываются удельные (на 1 км) значения:

- частоты утечки нефти в год;
- ожидаемых потерь нефти от аварий;
- ожидаемого ущерба, как суммы ежегодных компенсационных выплат за загрязнение окружающей среды.

Прогноз частоты утечек из МН проводится с учетом 40 факторов влияния: внешние антропогенные; коррозия; качество труб и строитель но-монтажных работ; эксплуатационные факторы и др. Оценка степени риска всей трассы проводится на основе идентификации опасностей и оценки риска отдельных участков.

Нефтяную скважину, буровую вышку, магистральный трубопровод следует рассматривать как встроенные в природную среду чужеродные элементы. Например, система «магистральный трубопровод – природная среда» характеризуется сложным набором прямых и обратных связей. Важно найти пути наименьшего взаимного влияния: техногенного – на окружающую среду. Со стороны сооружения и природных процессов – на трубопровод.

В безаварийном состоянии, когда эксплуатация магистральных трубопроводов осуществляется в пределах экологического регламента, уровень их воздействия на окружающую среду находится в пределах адаптационных возможностей территории.

Из всей совокупности отказов на газопроводах около 10 % происходит со значительным экологическим ущербом, на нефтепроводах ущерб наносят около 18 % отказов. При этом наибольшей экологической опасностью обладают трубопроводы большого диаметра 1000–1400 мм. Разрушающий эффект нефтепроводов меньше, чем газопроводов, однако авария на нефтепроводе сопровождается выходом большого количества продуктов, поэтому нефтепроводы представляют большую экологическую опасность.

Обеспечение экологической безопасности объектов НГК базируется на экологическом мониторинге и контроле. Общая цель экологического контроля может быть определена как обеспечение соблюдения действующих природоохранных и ресурсосберегающих правил, требований и норм на всех этапах строительства и производства. Экологический контроль должен быть многосторонним и не исключать ни одной сферы деятельности человека, влияющей на состояние окружающей среды.

В одних случаях объектом контроля являются вредные техногенные воздействия на природную среду. При этом определяются количественные характеристики механических, тепловых, химических и других воздействий. Полученные результаты сравнивают с предельно допустимыми значениями. В других случаях объектом контроля является природная среда, подверженная вредным воздействиям. При этом определяют качество компонентов и комплексов природной среды с целью выявления состава и концентрации вредных веществ.

Для сведения к минимуму вредного воздействия объектов НГК на окружающую среду предусматриваются следующие мероприятия:

- рациональное размещение сооружений и открытых площадок с оборудованием с минимальным отводом земель в постоянное пользование;
- организация производственных баз и других объектов в соответствии с требованиями охраны окружающей природной среды;

- жесткий контроль работы оборудования и техники с целью снижения сбросов и выбросов загрязняющих веществ;
- использование новейших технических решений и современного оборудования для оснащения вновь проектируемых нефтегазовых объектов;
- организация природоохранного мониторинга.

При бурении скважин и добыче углеводородов образуются значительные площади земель, оказавшиеся в зоне подработки и потерявшие свою первоначальную ценность. Рекультивация нарушенных территорий – это комплекс мероприятий по восстановлению нарушенного почвенного покрова, биоресурсов, природной и геологической среды. Процессы рекультивации должны носить системный характер и занимать равное положение с процессами эксплуатации недр. Рекультивация земель должна осуществляться за счет средств добывающих компаний. Эти средства должны входить в себестоимость готовой продукции.

### **Литература:**

1. Сухин А.А., Шиян С.И. Анализ методов борьбы с гидратами на Астраханском газоконденсатном месторождении // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 383–392.
2. Организация и управление охраной окружающей природной среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 266–271.
3. Экологические аспекты в нефтегазовом комплексе / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 272–277.
4. Петрушин Е.О., Арутюнян А.С., Шиян С.И. Исследование износостойких покрытий буровых труб при строительстве эксплуатационной скважины на Южно-Харьгагинском нефтяном месторождении // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 3. – С. 278–284.
5. Брижань В.В., Шиян С.И. Оценка экономической эффективности от перевода грузового автотранспорта на сжатый природный газ в качестве моторного топлива // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 300–314.
6. Потенциал залежей низконапорного газа в России / В.И. Дунаев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 117–120.
7. Ресурсы низконапорного газа – как один из примеров техногенных месторождений / М.Е. Милостивенко [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 247–251.
8. Мероприятия по предупреждению и борьбе с осложнениями при эксплуатации скважин на Ключевом месторождении / И.И. Шаблий [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 245–250.
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. – С. 280–287.
10. Анализ эффективности существующей системы очистки сточных вод и обоснование необходимости её модернизации на нефтебазе N / Д.Ю. Кирилкин [и др.] // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 190–200.

11. Техногенные месторождения России – рамки и условия их освоения / В.И. Дунаев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 112–116.

12. Шиян С.И. Предупреждение геоэкологических 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/pre-duprezhdenie-geoekologicheskikh-posledstviy-ot-avarii-putem-operativnogo-upravleniya-tekh>

13. Целесообразность перевода автотранспорта на газовое топливо с точки зрения экологии и стимулирование развития газа как основного моторного топлива в России и за рубежом / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 291–297.

14. Гойда А.Н., Шиян С.И., Шаблий И.И. Современное состояние и перспективы развития рынка сжиженного природного газа // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 124–142.

15. Шиян С.И., Ильинский К.А., Пашуренко И.О. Переработка отходов животноводческого комплекса как решение проблемы парникового эффекта и способ получения источника энергии // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 219–227.

#### **Literature:**

1. Sukhin A.A., Shiyan S.I. Analysis of methods for combating hydrates at the Astrakhan gas condensate field // Bulatov Readings. – 2020. – Vol. 2. – P. 383–392.

2. Organization and management of environmental protection at enterprises of the oil and gas industry / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 266–271.

3. Environmental aspects in the oil and gas complex / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 272–277.

4. Petrushin E.O., Harutyunyan A.S., Shiyan S.I. Investigation of wear-resistant coatings of drill pipes during the construction of a production well at the Yuzhno-Kharyaginskoye oil field // Bulatov Readings. – 2020. – Vol. 3. – P. 278–284.

5. Brizhan V.V., Shiyan S.I. Evaluation of economic efficiency from the transfer of trucks to compressed natural gas as a motor fuel // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 2. – P. 300–314.

6. Potential of low-pressure gas deposits in Russia / V.I Dunaev [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 117–120.

7. Resources of low-pressure gas – as one of the examples of technogenic fields / M.E. Milostivenko [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 247–251.

8. Measures to prevent and combat complications during well operation at the Klyuchevoy field / I.I. Shabliy [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 3. – P. 245–250.



9. 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 // *Rassokhinreadings : Materials of an international conference.* – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.
10. Analysis of the effectiveness of the existing wastewater treatment system and justification of the need for its modernization at the oil depot N / D.Yu. Kirilkin [et al.] // *Bulatov Readings.* – 2021. – Vol. 1. – P. 190–200.
11. Technogenic deposits in Russia – the framework and conditions for their development / V.I. Dunaev [et al.] // *REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference* : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 112–116.
12. Shiyan 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»: Dis. ... Cand. Techn. Sciences. – Krasnodar, 2005. – URL : <https://www.dissercat.com/content/preduprezhdenie-geoekologicheskikh-posledstviy-ot-avarii-putem-operativnogo-upravleniya-tekh>
13. The expediency of transferring vehicles to gas fuel from an environmental point of view and stimulating the development of gas as the main motor fuel in Russia and abroad / S.I. Shiyan [et al.] // *REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference* : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 291–297.
14. Goida A.N., Shiyan S.I., Shabliy I.I. The current state and development prospects of the liquefied natural gas market // *Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin).* – 2020. – № 4. – P. 124–142.
15. Shiyan S.I., Ilyinsky K.A., Pashurenko I.O. Waste processing of the livestock complex as a solution to the problem of the greenhouse effect and a method of obtaining an energy source // *Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin).* – 2020. № 4. – P. 219–227.

## ГАЗОФРАКЦИОНИРУЮЩИЕ УСТАНОВКИ

\*\*\*\*\*

### GAS FRACTIONATING PLANTS

**Андрусевич 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

**Терещенко Иван Анатольевич**

старший преподаватель

кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,

Кубанский государственный технологический университет

ongptr@mail.ru

**Ханюченко Никита Демьянович**

инженер

кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,

Кубанский государственный технологический университет

n.d.khanyuchenko@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрен процесс разделения нестабильного газового бензина на отдельные компоненты. Изучен метод ректификации, который лежит в основе фракционирования.

**Ключевые слова:** нестабильный бензин, сырье, углеводороды, фракционирование, колонны, сжиженный газ, компонент, ректификация.

\*\*\*\*\*

**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

**Tereshchenko Ivan Anatolyevich**

Senior Lecturer of the Department Equipment of Oil and Gas Fields,

Kuban State Technological University

ongptr@mail.ru

**Hanyuchenko Nikita Demyanovich**

Engineer of the Department Equipment of Oil and Gas Fields,

Kuban State Technological University

n.d.khanyuchenko@mail.ru

**Annotation.** This article discusses the process of separation of unstable gas gasoline into separate components. The method of rectification, which is the basis of fractionation, has been studied.

**Keywords:** unstable gasoline, raw materials, hydrocarbons, fractionation, columns, liquefied gas, component, rectification.

\*\*\*\*\*

**Н**естабильный бензин, получаемый на отбензинивающих установках методами компрессии, абсорбции, адсорбции и охлаждения (НТК, НТР), состоит в общем случае из углеводородов от этана до гептана включительно. Это связано с тем, что при фазовых переходах и сорбции тяжелые углеводороды увлекают за собой легкие.

Поскольку нестабильный газовый бензин не находит непосредственного применения в народном хозяйстве, из него получают стабильный газовый бензин и технически чистые индивидуальные углеводороды – пропан, бутан, пентаны, гексан.

В основе фракционирования лежит метод ректификации. Фракционирование осуществляется в несколько ступеней, на каждой из которых сырье разделяется на два компонента: высококипящий и низкокипящий.

Процесс разделения двухкомпонентной смеси ректификацией выглядит следующим образом. Сырье, которое надо разделить, подается в среднюю часть колонны на тарелку питания. Введенная в колонну жидкая смесь стекает по контактному устройству в нижнюю часть колонны, называемую отпарной. Навстречу потоку жидкости поднимаются пары, образовавшиеся в результате кипения жидкости в кубе колонны. В данном процессе паровая фаза обогащается низкокипящим компонентом, а жидкая – высококипящим.

Газофракционирующие установки бывают двух типов: одноколонные и многоколонные. Одноколонные установки называют стабилизационными. Они предназначены для разделения нестабильного газового бензина на стабильный газовый бензин и сжиженный газ. На многоколонных ГФУ из нестабильного бензина выделяют стабильный бензин и фракции индивидуальных углеводородов. Для разделения нестабильного бензина на три компонента требуется две колонны: в первой выделяется один целевой компонент, а в следующей – второй и третий. Для разделения смеси на  $n$  фракций требуется  $(n-1)$  ректификационных колонн.

Таким образом, для получения стабильного газового бензина и всех возможных технических чистых углеводородов (пропан, бутаны, пентаны, гексан) требуется 6 колонн.

#### **Литература:**

1. Проблемы промышленного освоения природных метаногидратов / М.Г. Иванов [и др.] // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2017. – № 2. – С. 296–309.
2. Дунаев В.И., Терещенко И.А., Молдаванов С.Ю. Об условии развития изолированного дефекта при моделировании гидравлического разрыва нефтеносного пласта // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2021. – Т. 18. – № 4. – С. 23–28.
3. Дунаев В.И. Анализ энергетического условия хрупкого разрушения на основе подхода Райса-Друкера // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2008. – Т. 5. – № 4. – С. 43–50.
4. Терещенко И.А., Дунаев В.И. О развитии вертикальной трещины при гидро-разрыве нефтеносного пласта // В сборнике: Прикладная математика: современные проблемы математики, информатики и моделирования. Материалы III всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Краснодар, 2021. – С. 57–61.
5. Даишев М.И., Ильин М.И., Чудаков Г.М. Центрифуга для разделения суспензий // Авторское свидетельство SU 446316 А1, 15.10.1974. Заявка № 1873735/28-13 от 22.01.1973.

#### **Literature:**

1. Problems of industrial development of natural methane hydrates / M.G. Ivanov [et al.] // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2017. – № 2. – P. 296–309.

2. Dunaev V.I., Tereshchenko I.A., Moldavanov S.Yu. On the condition of the development of an isolated defect in the modeling of hydraulic fracturing of an oil reservoir // Ecological Bulletin of the scientific centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2021. – Vol. 18. – № 4. – P. 23–28.
3. Dunaev V.I. Analysis of the energy condition of brittle destruction based on the Rice-Drucker approach // Ecological Bulletin of the scientific centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2008. – Vol. 5. – № 4. – P. 43–50.
4. Tereshchenko I.A., Dunaev V.I. On the development of a vertical crack during hydraulic fracturing of an oil-bearing reservoir // In the collection: Applied Mathematics: modern problems of mathematics, computer science and modeling. Materials of the III All-Russian scientific and practical conference of young scientists. – Krasnodar, 2021. – P. 57–61.
5. Daishev M.I., Ilyin M.I., Chudakov G.M. Centrifuge for separation of suspensions // Copyright certificate SU 446316 A1, 10/15/1974. Application № 1873735/28-13 dated 22.01.1973.

## КЛАССИФИКАЦИЯ НЕФТЕБАЗ

\*\*\*\*\*

## CLASSIFICATION OF OIL DEPOTS

### **Андрусевич 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

### **Терещенко Иван Анатольевич**

старший преподаватель  
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
Кубанский государственный технологический университет  
ongptr@mail.ru

### **Ханюченко Никита Демьянович**

инженер  
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
Кубанский государственный технологический университет  
n.d.khanyuchenko@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрена классификация нефтебаз по принципу оперативной деятельности, по транспортным связям и по номенклатуре хранения нефтепродуктов.

**Ключевые слова:** транспорт, нефтепродукты, железнодорожные магистрали, резервуарный парк, нефтебаза, потребители, хранение.

\*\*\*\*\*

### **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

### **Tereshchenko Ivan Anatolyevich**

Senior Lecturer of the Department Equipment of Oil and Gas Fields,  
Kuban State Technological University  
ongptr@mail.ru

### **Hanyuchenko Nikita Demyanovich**

Engineer of the Department Equipment of Oil and Gas Fields,  
Kuban State Technological University  
n.d.khanyuchenko@mail.ru

**Annotation.** This article discusses the classification of oil depots by the principle of operational activity, by transport links and by the nomenclature of storage of petroleum products.

**Keywords:** transport, petroleum products, railways, tank farm, tank farm, consumers, storage.

\*\*\*\*\*

**Н**ефтебазами называются предприятия, состоящие из комплекса сооружений и установок, предназначенных для приема, хранения и отпуска нефтепродуктов потребителям.

Основное значение нефтебаз – обеспечение бесперебойного снабжение промышленности, транспорта, сельского хозяйства и других потребителей нефтепродуктами в необходимом количестве и ассортименте; сохранение качества нефтепродуктов и сокращение до минимума их потерь при приеме, хранении и отпуске потребителям.

Нефтебазы представляют большую опасность в пожарном отношении. Наиболее пожароопасными объектами являются резервуары. Поэтому за критерий пожароопасности нефтебаз принят суммарный объем резервуарного парка.

По принципу оперативной деятельности нефтебазы делятся на перевалочные, распределительные и перевалочно-распределительные.

Перевалочные нефтебазы предназначены для перегрузки нефтепродуктов с одного вида транспорта на другой. Размещают их на берегах судоходных рек и озер, вблизи морских портов, крупных железнодорожных магистралей, промежуточных перекачивающих станций нефтепродуктопроводов. Роль конечного пункта магистрального нефтепродуктопровода также обычно играет перевалочная нефтебаза.

Распределительные нефтебазы предназначены для непродолжительного хранения нефтепродуктов и снабжения ими потребителей обслуживаемого района. Их разделяют на оперативные, обслуживающие лишь местных потребителей, и сезонного хранения, предназначенные как для удовлетворения местных потребностей, так и для компенсации неравномерности подачи нефтепродуктов на оперативные нефтебазы, входящие в зону влияния нефтебазы сезонного хранения.

Перевалочно-распределительные нефтебазы совмещают функции перевалочных и распределительных нефтебаз.

Потранспортным связям нефтебазы делятся на железнодорожные, водные, водно-железнодорожные, трубопроводные и базы, получающие нефтепродукты транспортом.

По номенклатуре хранения нефтепродуктов различают нефтебазы общего хранения, только для светлых нефтепродуктов, только для темных нефтепродуктов и др.

#### **Литература:**

1. Проблемы промышленного освоения природных метаногидратов / М.Г. Иванов [и др.] // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2017. – № 2. – С. 296–309.
2. Дунаев В.И., Терещенко И.А., Молдаванов С.Ю. Об условии развития изолированного дефекта при моделировании гидравлического разрыва нефтеносного пласта // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2021. – Т. 18. – № 4. – С. 23–28.
3. Дунаев В.И. Анализ энергетического условия хрупкого разрушения на основе подхода Райса-Друкера // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2008. – Т. 5. – № 4. – С. 43–50.
4. Терещенко И.А., Дунаев В.И. О развитии вертикальной трещины при гидро-разрыве нефтеносного пласта // В сборнике: Прикладная математика: современные проблемы математики, информатики и моделирования. Материалы III всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Краснодар, 2021. – С. 57–61.
5. Даишев М.И., Ильин М.И., Чудаков Г.М. Центрифуга для разделения суспензий // Авторское свидетельство SU 446316 А1, 15.10.1974. Заявка № 1873735/28-13 от 22.01.1973.

#### **Literature:**

1. Problems of industrial development of natural methane hydrates / M.G. Ivanov [et al.] // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2017. – № 2. – P. 296–309.

2. Dunaev V.I., Tereshchenko I.A., Moldavanov S.Yu. On the condition of the development of an isolated defect in the modeling of hydraulic fracturing of an oil reservoir // Ecological Bulletin of the scientific centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2021. – Vol. 18. – № 4. – P. 23–28.
3. Dunaev V.I. Analysis of the energy condition of brittle destruction based on the Rice-Drucker approach // Ecological Bulletin of the scientific centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2008. – Vol. 5. – № 4. – P. 43–50.
4. Tereshchenko I.A., Dunaev V.I. On the development of a vertical crack during hydraulic fracturing of an oil-bearing reservoir // In the collection: Applied Mathematics: modern problems of mathematics, computer science and modeling. Materials of the III All-Russian scientific and practical conference of young scientists. – Krasnodar, 2021. – P. 57–61.
5. Daishev M.I., Ilyin M.I., Chudakov G.M. Centrifuge for separation of suspensions // Copyright certificate SU 446316 A1, 10/15/1974. Application № 1873735/28-13 dated 22.01.1973.

## ОБЪЕКТЫ НЕФТЕБАЗ И ИХ РАЗМЕЩЕНИЕ

\*\*\*\*\*

## OIL DEPOT FACILITIES AND THEIR PLACEMENT

**Андруевич 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

**Терещенко Иван Анатольевич**

старший преподаватель

кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,

Кубанский государственный технологический университет

ongptr@mail.ru

**Ханюченко Никита Демьянович**

инженер

кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,

Кубанский государственный технологический университет

n.d.khanyuchenko@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены основные объекты нефтебаз, а также изучено их рациональное размещение на территории нефтебазы, которое обеспечивает удобство их взаимодействия.

**Ключевые слова:** нефтепродукты, эстакада, сооружения, очистные сооружения, резервуары, флотаторы, насосы, нефтебаза, хранилища.

\*\*\*\*\*

**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

**Tereshchenko Ivan Anatolyevich**

Senior Lecturer of the Department Equipment of Oil and Gas Fields,

Kuban State Technological University

ongptr@mail.ru

**Hanyuchenko Nikita Demyanovich**

Engineer of the Department Equipment of Oil and Gas Fields,

Kuban State Technological University

n.d.khanyuchenko@mail.ru

**Annotation.** In this article, the main objects of oil depots are considered, as well as their rational placement on the territory of the oil depot, which ensures the convenience of their interaction, is studied.

**Keywords:** petroleum products, overpass, structures, sewage treatment plants, tanks, floatators, pumps, tank farms, storage facilities.

\*\*\*\*\*



**Т**ерритория нефтебазы в общем случае разделена на 7 зон. В зоне железнодорожных операций размещаются сооружения для приема и отпуска нефтепродуктов по железной дороге. В состав объектов входят: железнодорожные тупики, сливо-наливные эстакады, нулевые резервуары, располагающиеся ниже железнодорожных путей, насосные станции для перекачки нефтепродуктов из вагонов-цистерн в резервуарный парк и обратно, лаборатории, хранилища нефтепродуктов в таре, площадки для приема и отпуска нефтепродуктов в таре.

В зоне водных операций сосредоточены сооружения для приема и отпуска нефтепродуктов баржами и танкерами. К ним относятся: причалы для швартовки нефтеналивных судов, стационарные и плавучие насосные, лаборатория, помещение для сливщиков и наливщиков.

В зоне хранения нефтепродуктов размещаются: резервуарные парки, резервуары малой вместимости для отпуска небольших партий нефтепродуктов, обвалование – огнестойкие ограждения вокруг резервуарных парков.

В зоне очистных сооружений сосредоточены объекты, предназначенные для очистки нефтесодержащих вод от нефтепродуктов, такие как: нефтеловушки, флотаторы, иловые площадки, шламонакопители, насосные, пруды-отстойники.

В зоне вспомогательных сооружений: водонасосная, механические мастерские, трансформаторная подстанция, котельная, снабжающая паром паровые насосы и систему подогрева нефтепродуктов, склады материалов.

Оперативная зона предназначена для размещения средств отпуска нефтепродуктов в автоцистерны, контейнеры, бочки и бидоны. В этой зоне размещаются: автоэстакады и автоколонки для отпуска нефтепродукты и автоцистерны, разливочные и расфасовочные для налива нефтепродуктов бочки, склады для тары, погрузочные площадки для автотранспорта.

В административно-хозяйственной зоне размещаются: контора, проходные, гаражи, пожарное депо, здание охраны нефтебазы.

Однако, перечисленные зоны и объекты не обязательно входят в состав каждой нефтебазы. Их набор зависит от типа и категории нефтебазы, назначения и характера проводимых операций.

### **Литература:**

1. Проблемы промышленного освоения природных метаногазатов / М.Г. Иванов [и др.] // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2017. – № 2. – С. 296–309.

2. Дунаев В.И., Терещенко И.А., Молдаванов С.Ю. Об условии развития изолированного дефекта при моделировании гидравлического разрыва нефтеносного пласта // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2021. – Т. 18. – № 4. – С. 23–28.

3. Дунаев В.И. Анализ энергетического условия хрупкого разрушения на основе подхода Райса-Друкера // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2008. – Т. 5. – № 4. – С. 43–50.

4. Терещенко И.А., Дунаев В.И. О развитии вертикальной трещины при гидроразрыве нефтеносного пласта // В сборнике: Прикладная математика: современные проблемы математики, информатики и моделирования. Материалы III всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Краснодар, 2021. – С. 57–61.

5. Даишев М.И., Ильин М.И., Чудаков Г.М. Центрифуга для разделения суспензий // Авторское свидетельство SU 446316 А1, 15.10.1974. Заявка № 1873735/28-13 от 22.01.1973.

**Literature:**

1. Problems of industrial development of natural methane hydrates / M.G. Ivanov [et al.] // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2017. – № 2. – P. 296–309.
2. Dunaev V.I., Tereshchenko I.A., Moldavanov S.Yu. On the condition of the development of an isolated defect in the modeling of hydraulic fracturing of an oil reservoir // Ecological Bulletin of the scientific centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2021. – Vol. 18. – № 4. – P. 23–28.
3. Dunaev V.I. Analysis of the energy condition of brittle destruction based on the Rice-Drucker approach // Ecological Bulletin of the scientific centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2008. – Vol. 5. – № 4. – P. 43–50.
4. Tereshchenko I.A., Dunaev V.I. On the development of a vertical crack during hydraulic fracturing of an oil-bearing reservoir // In the collection: Applied Mathematics: modern problems of mathematics, computer science and modeling. Materials of the III All-Russian scientific and practical conference of young scientists. – Krasnodar, 2021. – P. 57–61.
5. Daishev M.I., Ilyin M.I., Chudakov G.M. Centrifuge for separation of suspensions // Copyright certificate SU 446316 A1, 10/15/1974. Application № 1873735/28-13 dated 22.01.1973.

## ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИЕ АГРЕГАТЫ – СЕРДЦЕ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

\*\*\*\*\*

## GAS PUMPING UNITS ARE THE HEART OF THE COMPRESSOR STATION

### **Андрусевич 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

### **Шиян Станислав Иванович**

кандидат технических наук, доцент  
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
Кубанский государственный технологический университет  
akngs@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

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены основные параметры и виды газоперекачивающих агрегатов. Изучен принцип работы поршневых газомотокомпрессоров и центробежных нагнетателей.

**Ключевые слова:** агрегат, мощность, привод, магистральный газопровод, поршневые газомотокомпрессоры, газовая турбина, центробежный нагнетатель, турбодетандер, авиационный двигатель.

\*\*\*\*\*

### **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

### **Shiyan Stanislav Ivanovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of Oil and Gas Field Equipment,  
Kuban State Technological University  
akngs@mail.ru

### **Malofeeva Anastasia Yurievna**

Student Training Direction 15.03.02 «Technological Machine and Equipment»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
89098187863@mail.ru

**Annotation.** This article discusses the main parameters and types of gas pumping units, and also studied the principle of operation of reciprocating gas compressors and centrifugal superchargers.

**Keywords:** unit, power, drive, main gas pipeline, reciprocating gas compressors, gas turbine, centrifugal supercharger, turbo expander, aircraft engine.

\*\*\*\*\*

**В** качестве газоперекачивающих агрегатов применяются поршневые газомотокомпрессоры или центробежные нагнетатели.

Поршневые газомотокомпрессоры представляют собой агрегат, в котором объединены силовая часть (привод) и компрессор для сжатия газа. Принцип работы поршневого компрессора такой же, как у поршневого насоса.

Наиболее распространенными типами газомотокомпрессоров являются 10 ГК, 10 ГКН, МК-10, и ГПА-5000 (табл. 1), имеющие подачу от 0,8 до 10,0 млн м<sup>3</sup>/сут и развивающие давление 5,5 МПа.

Поршневые газомотокомпрессоры отличаются высокой эксплуатационной надежностью, способностью работать в широком диапазоне рабочих давлений, возможностью регулировать подачу за счет изменения «вредного» пространства и частоты вращения.

Область преимущественного применения поршневых газомотокомпрессоров – трубопроводы для перекачки нефтяного газа и станции подземного хранения газа.

На магистральных газопроводах пропускной способностью более 10 млн м<sup>3</sup>/сут применяются центробежные нагнетатели с газотурбинным приводом или электроприводом. Принцип работы центробежных нагнетателей аналогичен работе центробежных насосов. Наиболее распространенным приводом нагнетателей на компрессорных станциях является газотурбинный.

В состав газотурбинной установки входят: турбодетандер, редуктор, воздушный компрессор, блок камер сгорания, турбины высокого и низкого давлений. Турбодетандер является пусковым двигателем установки, работающим на природном газе. Расчетная продолжительность пуска агрегата из холодного состояния – 15 мин. Турбодетандер через редуктор запускает в работу воздушный компрессор. Атмосферный воздух засасывается компрессором и сжимается в нем до рабочего давления. Далее сжатый воздух направляется в блок камер сгорания, где он нагревается за счет сжигания природного газа. Продукты сгорания направляются в газовую турбину (сначала высокого, а затем низкого давлений), где они расширяются. Процесс расширения сопровождается падением давления и температуры, но увеличением скорости потока газа, используемого для вращения ротора турбины. Отработавший газ через выхлопной патрубок выходит в окружающую среду.

На газопроводах применяются газовые турбины мощностью от 2500 до 32000 кВт.

Начиная с 1974 г., на отечественных магистральных газопроводах в качестве привода центробежных нагнетателей начали применять авиационные двигатели, отработавшие свой ресурс. После относительно небольшого числа часов работы их по соображениям безопасности полетов снимают с самолетов. Однако они способны еще длительное время с большой надежностью работать на земле.

Недостатком газотурбинного привода является относительно невысокий КПД (не выше 30 %), а также высокое потребление газа на собственные нужды в качестве топлива.

В последние годы в качестве привода центробежных нагнетателей все шире используются электродвигатели АЗ-4500-1500, СТМ-4000-2, СТД-4000-2, СДСЗ-4500-1500. Они подключаются к нагнетателям через повышающий редуктор.

Таким образом, изучены области применения газоперекачивающих агрегатов, их основные параметры, такие как тип ГПА, давление на выходе компрессорной станции, марка нагнетателя, номинальные значения, а также процесс их работы.

**Таблица 1** – Основные параметры ГПА, используемых на КС

Тип ГПА (завод-изготовитель)	Давление на выходе КС, МПа	Марка нагнетателя	Номинальные значения		
			Подача, млн м <sup>3</sup> /сут.	Степень сжатия в одном агрегате	Мощность, кВт
Привод от газового двигателя					
10 ГКН-1/25-55	5,5	–	0,856	2,2	990
МК-8 (25-43)-56	5,6	–	1,538–5,28	2,24–1,3	2060
ГПА-5000 / (33-44)-56	5,6	–	6,9–8,5	1,47–1,27	3700
ДР-12 / (35-46)-56	5,6	–	8,04–13,3	1,6–1,24	5500
Привод от электродвигателя					
СТД-4000-2(Энергомаш)	5,6	280-12-7	11	1,25	4000
Привод от газовой турбины					
ГТН-6 (УТМЗ)	5,6	Н-6-56	20	1,23	6000
ГТН-6 (УТМЗ)	7,6	Н-6-76	19	1,23	6000
ГТК-10-4 (НЗЛ)	5,6	520-12-1	29	1,25	10000
ГТК-10-4 (НЗЛ)	7,6	370-18-1	37	1,25	10000
ГТК-16 (УТМЗ)	5,6	Н-16-56	52	1,25	16000
ГТК-16 (УТМЗ)	7,6	Н-16-76	52	1,25	16000
ГТК-16 (УТМЗ)	7,6	Н-16-76/1,25	52	1,25	16000
ГТК-16 (УТМЗ)	7,6	Н-16-76/1,37	40	1,37	16000
ГТК-16 (УТМЗ)	7,6	Н-16-76/1,44	32	1,44	16000
ГТН-25 (НЗЛ)	7,6	650-21-2	53	1,44	25000
ГПА-32 Ладога «РЭП Холдинг»	11,86	400-21-1С	78	1,40	32000
ГПА-Ц-6,3 с авиацион- ным двигателем НГ-12СТ	5,6	–	10	1,45	6000

**Примечание:** УТМЗ – Уральский турбомоторный завод имени К.Е. Ворошилова;  
НЗЛ – Невский машиностроительный завод имени В.И. Ленина.

### Литература:

1. Потенциал залежей низконапорного газа в России / В.И. Дунаев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 117–120.
2. Ресурсы низконапорного газа – как один из примеров техногенных месторождений / М.Е. Милостивенко [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 247–251.
3. Мероприятия по предупреждению и борьбе с осложнениями при эксплуатации скважин на Ключевом месторождении / И.И. Шаблий [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 245–250.
4. 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.
5. 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.
6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. Петрушин Е.О., Арутюнян А.С., Шиян С.И. Исследование износостойких покрытий бурильных труб при строительстве эксплуатационной скважины на Южно-Харьгинском нефтяном месторождении // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 3. – С. 278–284.

10. Антонов Е.Н., Шиян С.И., Шаблий И.И. Оценка выработки остаточных запасов пласта АВ 4-5 Самотлорского месторождения путём бурения боковых стволов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 57–75.

11. Щеколдин К.С., Шиян С.И., Коваленко Д.Р. Механизм электрохимической защиты скважинного оборудования при добыче высокообводненной агрессивной продукции // Наука. Новое поколение. Успех. – 2021. – Т. 2. – С. 437–443.

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 // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – С. 280–287.

13. Анализ эффективности существующей системы очистки сточных вод и обоснование необходимости её модернизации на нефтебазе N / Д.Ю. Кирилкин [и др.] // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 190–200.

14. Целесообразность перевода автотранспорта на газовое топливо с точки зрения экологии и стимулирование развития газа как основного моторного топлива в России и за рубежом / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 291–297.

15. Гойда А.Н., Шиян С.И., Шаблий И.И. Современное состояние и перспективы развития рынка сжиженного природного газа // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 124–142.

16. Шиян С.И., Ильинский К.А., Пашуренко И.О. Переработка отходов животноводческого комплекса как решение проблемы парникового эффекта и способ получения источника энергии // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 219–227.

#### **Literature:**

1. Potential of low-pressure gas deposits in Russia / V.I. Dunaev [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 117–120.

2. Resources of low-pressure gas – as one of the examples of technogenic fields / M.E. Milostivenko [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 247–251.

3. Measures to prevent and combat complications during well operation at the Klyuchevoy field / I.I. Shabliy [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 3. – P. 245–250.

4. 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. – Vol. 1. – P. 60–72.
5. Antonov E.N., Shiyan S.I. Technique and technology of hydraulic fracturing in wells of the Samotlor field // Bulatov readings. – 2020. – Vol. 2. – P. 48–57.
6. 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 (Polytechnicheskii Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 55–72.
7. 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.
8. Shiyan S.I., Chuprina N.E. Feasibility Study of Technology of sidetracking and drilling from an idle well // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskii Vestnik). – 2020. – № 1. – P. 291–301.
9. Petrushin E.O., Harutyunyan A.S., Shiyan S.I. Investigation of wear-resistant coatings of drill pipes during the construction of a production well at the Yuzhno-Kharyaginskoye oil field // Bulatov Readings. – 2020. – Vol. 3. – P. 278–284.
10. Antonov E.N., Shiyan S.I., Shabliy I.I. Estimation of the development of residual reserves of the AV 4-5 formation of the Samotlor field by drilling sidetracks // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 4. – P. 57–75.
11. Shchekoldin K.S., Shiyan S.I., Kovalenko D.R. The mechanism of electrochemical protection of downhole equipment in the production of highly watered aggressive products // Science. New generation. Success. – 2021. – Vol. 2. – P. 437–443.
12. 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 // Rassokhinreadings : Materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.
13. Analysis of the effectiveness of the existing wastewater treatment system and justification of the need for its modernization at the oil depot N / D.Yu. Kirilkin [et al.] // Bulatov Readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 190–200.
14. The expediency of transferring vehicles to gas fuel from an environmental point of view and stimulating the development of gas as the main motor fuel in Russia and abroad / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 291–297.
15. Goida A.N., Shiyan S.I., Shabliy I.I. The current state and development prospects of the liquefied natural gas market // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 4. – P. 124–142.
16. Shiyan S.I., Ilyinsky K.A., Pashurenko I.O. Waste processing of the livestock complex as a solution to the problem of the greenhouse effect and a method of obtaining an energy source // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 4. – P. 219–227.

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЯЕМОГО КАСКАДНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРИВОДА**

\*\*\*\*\*

## **ANALYSIS OF OPTIMIZATION METHODS FOR CONTROLLED CASCADE ELECTRIC DRIVE**

**Афанасьев Виктор Леонидович**

старший преподаватель,  
Кубанский государственный технологический университет

**Геккиев Мурат Магаметович**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет

**Трубников Денис Геннадиевич**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет

**Попова Дарья Алексеевна**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет

**Мамий Сальбий Юрьевич**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** В статье приведено исследование методов оптимизации для решения задачи оптимизации управляемого каскадного электрического привода. Проведенное исследование позволит выявить наиболее подходящий метод оптимизации применительно к управляемому каскадному электрическому приводу.

**Ключевые слова:** специальный электрический привод, управляемый асинхронный каскадный электропривод, методы оптимизации, гомеотрическое программирование, электромеханическое преобразование энергии.

\*\*\*\*\*

**Afanasiev Viktor Leonidovich**

Senior Lecturer,  
Kuban State Technological University

**Gekkiev Murat Magametovich**

Student,  
Kuban State Technological University

**Trubnikov Denis Gennadyevich**

Student,  
Kuban State Technological University

**Popova Daria Alekseevna**

Student,  
Kuban State Technological University

**Mamiy Salbi Yurievich**

Student,  
Kuban State Technological University



**Annotation.** The article presents a study of optimization methods for solving the optimization problem for a controlled cascade electric drive. The conducted research will reveal the most suitable optimization method in relation to a controlled cascade electric drive.

**Keywords:** special electric drive, controlled asynchronous cascade electric drive, optimization methods, hemetric programming, electromechanical energy conversion.

\*\*\*\*\*

**В** о время разработки современных технологий [1, 2] необходимо решение разнообразных проблем проектирования электротехнических устройств, например специальных электрических приводов [3–6], в ходе которых возникают многовариантные задачи. Среди большого количества всевозможных способов их решения [7, 8] необходимо выбрать наиболее подходящие при различных ограничениях, налагаемых на объект исследования. Неправильно выбранный подход в современных реалиях производства может привести к значительным потерям. В связи с этим возникла необходимость проводить анализ различных математических подходов с применением современной вычислительной техники. Однако применение классических методов, основанных на аппарате дифференциального исчисления, приводит к серьезным вычислительным трудностям, что делает соответствующий аппарат неэффективным. Эффективным инструментом решения аналогичных задач стали специальные методы поиска экстремума.

Сегодня наибольшее распространение получили следующие методы оптимизации применяемые в электроэнергетике [9–13]: методы исследования функций классического анализа; методы, основанные на использовании неопределенных множителей Лагранжа; вариационное исчисление; динамическое программирование; принцип максимума; линейное программирование; нелинейное программирование.

В настоящее время разработан и успешно применяется метод геометрического программирования для различного класса задач, в частности относительно его применения в электроэнергетике.

#### **Методы исследования функций классического анализа**

Данные методы решения применяются для несложных оптимальных задач, которые известны из курса математического анализа. Как правило областью использования данных методов являются задачи с известным аналитическим выражением критерия оптимальности, что позволяет найти не очень сложное, также аналитическое выражение для производных. Дополнительные трудности при решении оптимальной задачи методами исследования функций классического анализа возникают вследствие того, что система уравнений, получаемая в результате их применения, обеспечивает лишь необходимые условия оптимальности. Поэтому все решения данной системы (а их может быть и несколько) должны быть проверены на достаточность.

Методы исследования при наличии ограничений на область изменения независимых переменных можно использовать только для отыскания экстремальных значений внутри указанной области. В особенности это относится к задачам с большим числом независимых переменных (практически больше двух), в которых анализ значений критерия оптимальности на границе допустимой области изменения переменных становится весьма сложным.

#### **Метод множителей Лагранжа**

Данный метод оптимизации применяют для решения задач такого же класса сложности, что и при использовании обычных методов исследования функций, но с наличием ограничений типа равенств на независимые переменные.

В основном при использовании метода множителей Лагранжа приходится решать те же задачи, что и без ограничений. Некоторое усложнение в данном случае воз-

никает лишь от введения дополнительных неопределенных множителей, вследствие чего порядок системы уравнений, решаемой для нахождения экстремумов критерия оптимальности, соответственно повышается на число ограничений. В остальном, процедура поиска решений и проверки их на оптимальность отвечает процедуре решения задач без ограничений. Множители Лагранжа можно применять для решения задач оптимизации объектов на основе уравнений с частными производными и задач динамической оптимизации. При этом вместо решения системы конечных уравнений для отыскания оптимума необходимо интегрировать систему дифференциальных уравнений.

Следует отметить, что множители Лагранжа используют также в качестве вспомогательного средства и при решении специальными методами задач других классов с ограничениями типа равенств

#### **Методы вариационного исчисления**

Представленный метод обычно используют для решения задач, в которых критерии оптимальности представляются в виде функционалов и решениями которых служат неизвестные функции. Такие задачи возникают обычно при статической оптимизации процессов с распределенными параметрами или в задачах динамической оптимизации.

Вариационные методы позволяют в этом случае свести решение оптимальной задачи к интегрированию системы дифференциальных уравнений Эйлера, каждое из которых является нелинейным дифференциальным уравнением второго порядка с граничными условиями, заданными на обоих концах интервала интегрирования. Число уравнений указанной системы при этом равно числу неизвестных функций, определяемых при решении оптимальной задачи. Каждую функцию находят в результате интегрирования получаемой системы.

При наличии ограничений типа равенств, имеющих вид функционалов, применяют множители Лагранжа, что дает возможность перейти от условной задачи к безусловной. Наиболее значительные трудности при использовании вариационных методов возникают в случае решения задач с ограничениями типа неравенств.

#### **Принцип максимума**

Данный метод применяют для решения задач оптимизации процессов, описываемых системами дифференциальных уравнений. Достоинством математического аппарата принципа максимума является то, что решение может определяться в виде разрывных функций; это свойственно многим задачам оптимизации, например задачам оптимального управления объектами, описываемыми линейными дифференциальными уравнениями.

На область изменения переменных могут быть наложены ограничения. Систему дифференциальных уравнений интегрируют, применяя обычные программы на цифровых вычислительных машинах.

Принцип максимума для процессов, описываемых дифференциальными уравнениями, при некоторых предположениях является достаточным условием оптимальности. Поэтому дополнительной проверки на оптимум получаемых решений обычно не требуется.

Для дискретных процессов принцип максимума в той же формулировке, что и для непрерывных, вообще говоря, несправедлив. Однако условия оптимальности, получаемые при его применении для многостадийных процессов, позволяют найти достаточно удобные алгоритмы оптимизации.

#### **Линейное программирование**

Линейное программирование – это раздел математического программирования, применяемый при отыскании экстремума линейных функций нескольких переменных при линейных дополнительных ограничениях, налагаемых на переменные.

Линейное программирование – наиболее разработанный широко применяемый раздел математического программирования. Хотя данный метод программирования и

известен в теории, его практическое применение не всегда дает положительный результат. Недостатки модели состоят в том, что: ресурсные ограничения могут свести решение на нет; делимость проекта не всегда возможна.

### **Методы нелинейного программирования**

Данный метод применяют для решения оптимальных задач с нелинейными функциями цели. На независимые переменные могут быть наложены ограничения также в виде нелинейных соотношений, имеющих вид равенств или неравенств. По существу методы нелинейного программирования используют, если ни один из перечисленных выше методов не позволяет сколько-нибудь продвинуться в решении оптимальной задачи. Поэтому указанные методы иногда называют также прямыми методами решения оптимальных задач.

Названием «методы нелинейного программирования» объединяется большая группа численных методов, многие из которых приспособлены для решения оптимальных задач соответствующего класса. Выбор того или иного метода обусловлен сложностью вычисления критерия оптимальности и сложностью ограничивающих условий, необходимой точностью решения, мощностью имеющейся вычислительной машины и т.д.

### **Геометрическое программирование**

Этот метод решения одного специального класса задач нелинейного программирования, в которых критерий оптимальности и ограничения задаются в виде полиномов – выражений, представляющих собой сумму произведений степенных функций от независимых переменных. С подобными задачами иногда приходится сталкиваться в проектировании. Кроме того, некоторые задачи нелинейного программирования иногда можно свести к указанному представлению, используя аппроксимационное представление для целевых функций и ограничений.

Специфической особенностью методов решения оптимальных задач (за исключением методов нелинейного программирования) является то, что до некоторого этапа оптимальную задачу решают аналитически, т.е. находят определенные аналитические выражения, например, системы конечных или дифференциальных уравнений, откуда уже отыскивают оптимальное решение. В отличие от указанных методов при использовании методов нелинейного программирования, которые, как уже отмечалось выше, могут быть названы прямыми, применяют информацию, получаемую при вычислении критерия оптимальности, изменение которого служит оценкой эффективности того или иного действия.

Метод геометрического программирования является наиболее оптимальным применительно к оптимизации электротехнических устройств, так как данный метод программирования относится к нелинейным методам программирования и использует теорию двойственности, так как по теории двойственности, построенной по правилам геометрического программирования, функция является выпуклой и имеет только один экстремум. Как доказано в теории в теории геометрического программирования минимум прямой программы равен максимуму двойственной программы.

В источнике [14] рассмотрен вопрос оптимизации геометрических параметров электромагнитных механизмов переменного тока. В проведенных исследованиях сделан вывод о высокой эффективности метода геометрического программирования применительно к энергетическим системам и сетям.

### **Выводы**

Проведенный анализ методов оптимизации показал, что метод геометрического программирования наиболее подходит для оптимизации электротехнических устройств, в частности магнитной системы [15, 16], так как применение теории двойственности дает выпуклую кривую, соответственно имеется только один экстремум, в следствии чего метод геометрического программирования больше остальных подходит для оптимизации электротехнических устройств, например управляемого каскадного электрического привода.

### **Литература:**

1. Samoseiko V.F., Saushev A.V., Belousova N.V. Asynchronous motor control algorithm with parameter identification. Proceedings – 2019 // International Ural Conference on Electrical Power Engineering. – UralCon. – 2019. – P. 284–289. – Publisher : IEEE, DOI: 10.1109/URALCON.2019.8877625.
2. Козярук А.Е. Современные эффективные электроприводы производственных и транспортных механизмов // Электротехника. – 2019. – № 3. – С. 33–37.
3. Афанасьев В.Л., Карандей В.Ю., Попов Б.К. Управляемый каскадный электрический привод // Патент на полезную модель RU 191959 U1, 28.08.2019, заявка № 2019111630 от 16.04.2019.
4. Карандей В.Ю., Попов Б.К. Управляемый каскадный электрический привод с жидкостным токосъемом // Патент на изобретение № 2461947 зарегистрировано 20.09.2012 г.
5. Попов Б.К., Карандей В.Ю. Токосъемное устройство // Патент на изобретение № 2370869 зарегистрировано 30.06.2008 г.
6. Сигнализирующее токосъемное устройство / В.Ю. Карандей [и др.] // Патент на изобретение № 2601958 зарегистрировано 27.07.2015 г.
7. Андреева Е.А. Вариационное исчисление и методы оптимизации. – М. : Высшая школа, 2006. – 584 с.
8. Аттетков А.В., Зарубин В.С., Канатников А.Н. Методы оптимизации: учебное пособие. – М. : ИЦ РИОР, НИЦ Инфра-М, 2013. – 270 с.
9. Варганова А.В. О методах оптимизации режимов работы электроэнергетических систем и сетей // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2017. – Т. 17. – № 3. – С. 76–85.
10. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / O.B. Popova [et al.] // Mediterranean journal of social sciences. – 2015. – Vol. 6. – № 6. – P. 212–217.
11. Intelligence amplification via language of choice description as a mathematical object (binary tree of question-answer system) / O.B. Popova [et al.] // Procedia-social and behavioral science. – 2015. – Vol. 214. – P. 897–905.
12. Popova O.B., Popov B.K., Karandey V.Yu. Intelligence amplification in distance learning through the binary tree of question-answer system // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2015. – Vol. 214. – P. 75–85. – DOI : 10.1016/j.sbspro.2015.11.597.
13. Theoretical propositions and practical implementation of the formalization of structured knowledge of the subject area for exploratory research / O.B. Popova [et al.] // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2018. – Vol. 722. – P. 432–437. – Doi : 10.1007/978-3-319-73888-8\_67.
14. Попова Б.К. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Оптимизация геометрических параметров электромагнитных механизмов переменного тока систем управления.
15. Research of electromagnetic parameters for improvement of efficiency of special electric drives and components / V.Yu. Karandey [et al.] // 5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies 2019. – 2016. – P. 69–74. – Doi : 10.1109/PGSRET.2019.8882689.
16. Research dynamics of change of electromagnetic parameters of controlled special electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019). – 2019. – P. 8934751. – Doi : 10.1109/FarEastCon.2019.8934751.

### **Literature:**

1. Samoseiko V.F., Saushev A.V., Belousova N.V. Asynchronous motor control algorithm with parameter identification. Proceedings – 2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering. – UralCon. – 2019. – P. 284–289. – Publisher : IEEE, DOI: 10.1109/URALCON.2019.8877625.

2. Kozyaruk A.E. Modern efficient electric drives for production and transport mechanisms // *Electrical engineering*. – 2019. – № 3. – P. 33–37.
3. Afanasyev V.L., Karanday V.Yu., Popov B.K. Controlled cascade electric drive // Utility model patent RU 191959 U1, 28.08.2019, application № 2019111630 dated 16.04.2019.
4. Karanday V.Yu., Popov B.K. Controlled cascade electric drive with liquid current collection // Patent for invention № 2461947 registered on 20.09.2012.
5. Popov B.K., Karanday V.Yu. Current collecting device // Patent for invention № 2370869 registered on June 30, 2008.
6. Signaling current-collecting device / V.Yu. Karaandey [et al.] // Patent for invention № 2601958 registered on July 27, 2015.
7. Andreeva E.A. Calculus of variations and optimization methods. – M. : Higher school, 2006. – 584 p.
8. Atetkov A.V., Zarubin V.S., Kanatnikov A.N. Optimization methods: textbook. – M. : ITs RIOR, NITs Infra-M, 2013. – 270 p.
9. Varganova A.V. On the methods of optimization of operating modes of electric power systems and networks // *Bulletin of the South Ural State University. Series: Energy*. – 2017. – Vol. 17. – № 3. – P. 76–85.
10. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / O.B. Popova [et al.] // *Mediterranean journal of social sciences*. – 2015. – Vol. 6. – № 6. – P. 212–217.
11. Intelligence amplification via language of choice description as a mathematical object (binary tree of question-answer system) / O.B. Popova [et al.] // *Procedia-social and behavioral science*. – 2015. – Vol. 214. – P. 897–905.
12. Popova O.B., Popov B.K., Karandey V.Yu. Intelligence amplification in distance learning through the binary tree of question-answer system // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. – 2015. – Vol. 214. – P. 75–85. – DOI : 10.1016/j.sbspro.2015.11.597.
13. Theoretical propositions and practical implementation of the formalization of structured knowledge of the subject area for exploratory research / O.B. Popova [et al.] // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2018. – Vol. 722. – P. 432–437. – Doi : 10.1007/978-3-319-73888-8\_67.
14. Popova B.K. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences Assoc // Optimization of geometrical parameters of electromagnetic mechanisms of alternating current of control systems.
15. Research of electromagnetic parameters for improvement of efficiency of special electric drives and components / V.Yu. Karandey [et al.] // *5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies 2019*. – 2016. – P. 69–74. – Doi : 10.1109/PGSRET.2019.8882689.
16. Research dynamics of change of electromagnetic parameters of controlled special electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // *2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019)*. – 2019. – P. 8934751. – Doi : 10.1109/FarEastCon.2019.8934751.

## СИСТЕМЫ ПЕРЕКАЧКИ

\*\*\*\*\*

## PUMPING SYSTEMS

### **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

### **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

### **Терещенко Иван Анатольевич**

старший преподаватель  
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
Кубанский государственный технологический университет  
ongptr@mail.ru

### **Ханюченко Никита Демьянович**

инженер кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов  
Кубанский государственный технологический университет  
n.d.khanyuchenko@mail.ru

### **Недбаева Дарья Александровна**

Ученица МОАНУ СОШ №17 Им К.В. Навальневой  
nedbaevadarya@yandex.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены особенности систем перекачки.

**Ключевые слова:** системы перекачки, резервуар, нефтепровод, насос, нефть.

\*\*\*\*\*

### **Ashurov Artem Dmitrievich**

Student Training Direction 15.03.02 «Technological Machine and Equipment»  
Institute of Oil, Gas and Energy  
Kuban State Technological University  
artem.ashurov.00@mail.ru

### **Malofeeva Anastasia Yurievna**

Student Training Direction 15.03.02 «Technological Machine and Equipment»  
Institute of Oil, Gas and Energy  
Kuban State Technological University  
89098187863@mail.ru

### **Tereshchenko Ivan Anatolyevich**

Senior Lecturer of the Department  
Equipment of Oil and Gas Fields  
Kuban State Technological University  
ongptr@mail.ru

**Hanyuchenko Nikita Demyanovich**

Engineer of the Department Equipment of Oil and Gas Fields  
Kuban State Technological University  
n.d.khanyuchenko@mail.ru

**Nedbayeva Darya Alexandrovna**

Student of the MOE Secondary School № 17 Named after K.V. Navalneva  
nedbaevadarya@yandex.ru

**Annotation.** This article discusses the features of pumping systems.

**Keywords:** pumping systems, tank, oil pipeline, pump, oil.

\*\*\*\*\*

**В** зависимости от того, как организовано прохождение нефти через нефтеперекачивающие станции, различают следующие системы перекачки:

- постанционная;
- через резервуар станции;
- с подключенными резервуарами;
- из насоса в насос;

При постанционной системе перекачки нефть принимается поочередно в один из резервуаров станции, а ее подача на следующую станцию осуществляется из другого резервуара. Это позволяет организовать учет перекачиваемой нефти на каждом перегоне между станциями и благодаря этому своевременно выявлять и устранять возникающие утечки. Однако при этой системе перекачки значительны потери от испарения.

Система перекачки «через резервуар станции» исключает учет нефти по перегонам. Зато потери нефти от испарения меньше, чем при постанционной системе перекачки. Но все равно из-за усиленного перемешивания нефти в резервуаре ее потери от испарения очень велики.

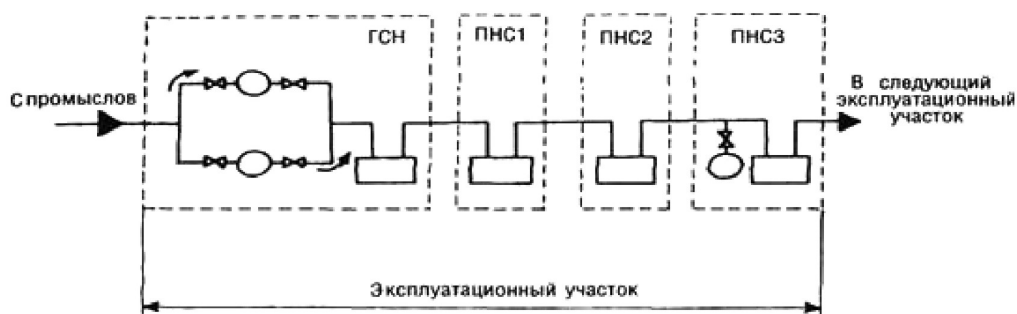
Более совершенная система перекачки «с подключенными резервуарами». Резервуары здесь, как и в предыдущих системах, обеспечивают возможность перекачки на смежных перегонах с разными расходами. Но в данном случае основная масса нефти проходит, минуя резервуары, и поэтому потери от испарения меньше.

Наиболее предпочтительна с точки зрения сокращения потерь нефти система перекачки «из насоса в насос». В этом случае резервуары промежуточных станций задвижками отключаются от магистрали и используются только для приема нефти во время аварии или ремонта. Однако при этой системе перекачки все станции должны вести перекачку с одинаковыми расходами. Это не страшно при нормальной работе всех станций (например, из-за нарушения электроснабжения) на трубопроводах большой протяженности, работающие по системе «из насоса в насос» делят на технологические участки, разделенные резервуарными парками.

В настоящее время система перекачки «через резервуар станции» не применяется. Постанционная система перекачки используется на коротких нефтепроводах, имеющих только одну головную нефтеперекачивающую станцию. На протяженных нефтепроводах одновременно применяются сразу несколько систем перекачки.

На схеме 1 показана схема прохождения нефти по технологическому участку современного нефтепровода.

Из нее видно, что система перекачки «из насоса в насос» применяется только на промежуточных нефтеперекачивающих станциях, расположенных внутри эксплуатационного участка (НПС1 и НПС2). На головной нефтеперекачивающей станции (ПНС) применяется постанционная система перекачки, а на станции, расположенной в конце технологического участка, система перекачки «с подключенными резервуарами».



**Схема 1** – Схема прохождения нефти по технологическому участку современного нефтепровода: ГНС – головная нефтеперекачивающая станция; ПНС – промежуточная нефтеперекачивающая станция

### Литература:

1. Проблемы промышленного освоения природных метаногидратов / М.Г. Иванов [и др.] // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2017. – № 2. – С. 296–309.
2. Дунаев В.И., Терещенко И.А., Молдаванов С.Ю. Об условии развития изолированного дефекта при моделировании гидравлического разрыва нефтеносного пласта // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2021. – Т. 18. – № 4. – С. 23–28.
3. Дунаев В.И. Анализ энергетического условия хрупкого разрушения на основе подхода Райса-Друкера // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2008. – Т. 5. – № 4. – С. 43–50.
4. Терещенко И.А., Дунаев В.И. О развитии вертикальной трещины при гидро-разрыве нефтеносного пласта // В сборнике: Прикладная математика: современные проблемы математики, информатики и моделирования. Материалы III всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Краснодар, 2021. – С. 57–61.
5. Даишев М.И., Ильин М.И., Чудаков Г.М. Центрифуга для разделения суспензий // Авторское свидетельство SU 446316 А1, 15.10.1974. Заявка № 1873735/28-13 от 22.01.1973.

### Literature:

1. Problems of industrial development of natural methane hydrates / M.G. Ivanov [et al.] // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2017. – № 2. – P. 296–309.
2. Dunaev V.I., Tereshchenko I.A., Moldavanov S.Yu. On the condition of the development of an isolated defect in the modeling of hydraulic fracturing of an oil reservoir // Ecological Bulletin of the scientific centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2021. – Vol. 18. – № 4. – P. 23–28.
3. Dunaev V.I. Analysis of the energy condition of brittle destruction based on the Rice-Drucker approach // Ecological Bulletin of the scientific centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2008. – Vol. 5. – № 4. – P. 43–50.
4. Tereshchenko I.A., Dunaev V.I. On the development of a vertical crack during hydraulic fracturing of an oil-bearing reservoir // In the collection: Applied Mathematics: modern problems of mathematics, computer science and modeling. Materials of the III All-Russian scientific and practical conference of young scientists. – Krasnodar, 2021. – P. 57–61.
5. Daishev M.I., Ilyin M.I., Chudakov G.M. Centrifuge for separation of suspensions // Copyright certificate SU 446316 A1, 10/15/1974. Application № 1873735/28-13 dated 22.01.1973.



## ОСНОВНЫЕ ОБЪЕКТЫ ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ

\*\*\*\*\*

### MAIN OBJECTS OF GAS PROCESSING PLANTS

**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

**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

**Терещенко Иван Анатольевич**

старший преподаватель  
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
Кубанский государственный технологический университет  
ongptr@mail.ru

**Ханюченко Никита Демьянович**

инженер кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов  
Кубанский государственный технологический университет  
n.d.khanyuchenko@mail.ru

**Недбаева Дарья Александровна**

ученица МОАНУ СОШ № 17 им. К.В. Навальной  
nedbaevadarya@yandex.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены основные объекты газоперерабатывающих заводов.

**Ключевые слова:** газ, очистка газа, отбензтивание, компрессор, установки.

\*\*\*\*\*

**Ashurov Artem Dmitrievich**

Student Training Direction 15.03.02 «Technological Machine and Equipment»  
Institute of Oil, Gas and Energy  
Kuban State Technological University  
artem.ashurov.00@mail.ru

**Malofeeva Anastasia Yurievna**

Student Training Direction 15.03.02 «Technological Machine and Equipment»  
Institute of Oil, Gas and Energy  
Kuban State Technological University  
89098187863@mail.ru

**Tereshchenko Ivan Anatolyevich**

Senior Lecturer of the Department  
Equipment of Oil and Gas Fields  
Kuban State Technological University  
ongptr@mail.ru

**Hanyuchenko Nikita Demyanovich**

Engineer of the Department Equipment of Oil and Gas Fields  
Kuban State Technological University  
n.d.khanyuchenko@mail.ru

**Nedbayeva Darya Alexandrovna**

Student of the MOE Secondary School № 17 Named after K.V. Navalneva  
nedbaevadarya@yandex.ru

**Annotation.** This article discusses the main objects of gas processing plants.

**Keywords:** gas, gas purification, topping up, compressor.

\*\*\*\*\*

**Н**а газоперерабатывающих заводах (ГПЗ) с полным (законченным) технологическим циклом применяют пять основных технологических процессов:

- 1) прием, замер и подготовка (очистка, осушка, и т.д.) газа к переработке;
- 2) компримирование газа до давления, необходимого для переработки;
- 3) отбензинивание газа, т.е. извлечение из него нестабильного газового бензина;
- 4) разделение нестабильного бензина на газовый бензин и индивидуальные технически чистые углеводороды (пропан, бутаны, пентаны, н-гексаны);
- 5) хранение и отгрузка жидкой продукции завода.

Газоперерабатывающее производство может быть организовано не только как ГПЗ, но и как газоотбензинивающая установка в составе нефтегазодобывающего управления (НГДУ) или нефтеперерабатывающего завода (НПЗ).

Газ поступает на пункт приема под давлением 0,15–0,35 МПа. Здесь сначала производят замер его количества, а затем направляют в приемные сепараторы, где от газа отделяют механические примеси (песок, пыль, продукты коррозии газопроводов) и капельную влагу. Далее газ поступает на установку очистки газа, где от него отделяют сероводород и углекислый газ.

Компрессорная станция I-й степени предназначена для перекачки сырьевого газа. Сжатие осуществляется в одну, две или три степени газомоторными компрессорами или центробежными нагнетателями.

На отбензинивающих установках сырьевой газ разделяют на нестабильный бензин, отбензиненный газ и сбросной газ. Нестабильный бензин направляют на газотфрикционирующие установки. Отбензиненный газ компрессорной станцией закачивается в магистральный газопровод или реализуется местным потребителям. Сбросной газ используют для топливных нужд котельной и трубчатых печей.

Газотфрикционирующие установки предназначены для разделения нестабильного бензина на газовый бензин и индивидуальные технически чистые углеводороды: этан, пропан, бутаны, пентаны и н-гексаны. Получаемые продукты газорасделения откачивают в товарный парк, откуда впоследствии производится их отгрузка железнодорожным транспортом или трубопроводами.

**Литература:**

1. Проблемы промышленного освоения природных метаногидратов / М.Г. Иванов [и др.] // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2017. – № 2. – С. 296–309.

2. Дунаев В.И., Терещенко И.А., Молдаванов С.Ю. Об условии развития изолированного дефекта при моделировании гидравлического разрыва нефтеносного пласта // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2021. – Т. 18. – № 4. – С. 23–28.

3. Дунаев В.И. Анализ энергетического условия хрупкого разрушения на основе подхода Райса-Друкера // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2008. – Т. 5. – № 4. – С. 43–50.

4. Терещенко И.А., Дунаев В.И. О развитии вертикальной трещины при гидроразрыве нефтеносного пласта // В сборнике: Прикладная математика: современные проблемы математики, информатики и моделирования. Материалы III всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Краснодар, 2021. – С. 57–61.

5. Даишев М.И., Ильин М.И., Чудаков Г.М. Центрифуга для разделения суспензий // Авторское свидетельство SU 446316 A1, 15.10.1974. Заявка № 1873735/28-13 от 22.01.1973.

#### **Literature:**

1. Problems of industrial development of natural methane hydrates / M.G. Ivanov [et al.] // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2017. – № 2. – P. 296–309.

2. Dunaev V.I., Tereshchenko I.A., Moldavanov S.Yu. On the condition of the development of an isolated defect in the modeling of hydraulic fracturing of an oil reservoir // Ecological Bulletin of the scientific centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2021. – Vol. 18. – № 4. – P. 23–28.

3. Dunaev V.I. Analysis of the energy condition of brittle destruction based on the Rice-Drucker approach // Ecological Bulletin of the scientific centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2008. – Vol. 5. – № 4. – P. 43–50.

4. Tereshchenko I.A., Dunaev V.I. On the development of a vertical crack during hydraulic fracturing of an oil-bearing reservoir // In the collection: Applied Mathematics: modern problems of mathematics, computer science and modeling. Materials of the III All-Russian scientific and practical conference of young scientists. – Krasnodar, 2021. – P. 57–61.

5. Daishev M.I., Ilyin M.I., Chudakov G.M. Centrifuge for separation of suspensions // Copyright certificate SU 446316 A1, 10/15/1974. Application № 1873735/28-13 dated 22.01.1973.

## ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА

\*\*\*\*\*

### PIPE FITTINGS

**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

**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

**Терещенко Иван Анатольевич**

старший преподаватель  
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
Кубанский государственный технологический университет  
ongptr@mail.ru

**Ханюченко Никита Демьянович**

инженер кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов  
Кубанский государственный технологический университет  
n.d.khanyuchenko@mail.ru

**Недбаева Дарья Александровна**

ученица МОАНУ СОШ № 17 им. К.В. Навальневой  
nedbaevadarya@yandex.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены основные виды трубопроводных арматур.

**Ключевые слова:** запорная арматура, задвижка, давление, регуляторы давления, предохранительные клапана.

\*\*\*\*\*

**Ashurov Artem Dmitrievich**

Student Training Direction 15.03.02 «Technological Machine and Equipment»  
Institute of Oil, Gas and Energy  
Kuban State Technological University  
artem.ashurov.00@mail.ru

**Malofeeva Anastasia Yurievna**

Student Training Direction 15.03.02 «Technological Machine and Equipment»  
Institute of Oil, Gas and Energy  
Kuban State Technological University  
89098187863@mail.ru

**Tereshchenko Ivan Anatolyevich**

Senior Lecturer of the Department  
Equipment of Oil and Gas Fields  
Kuban State Technological University  
ongptr@mail.ru

**Hanyuchenko Nikita Demyanovich**

Engineer of the Department Equipment of Oil and Gas Fields  
Kuban State Technological University  
n.d.khanyuchenko@mail.ru

**Nedbayeva Darya Alexandrovna**

Student of the MOE Secondary School № 17 Named after K.V. Navalneva  
nedbaevadarya@yandex.ru

**Annotation.** This article discusses the main types of pipe fittings.

**Keywords:** stop valves, gate valve, pressure, pressure regulators, safety valves.

\*\*\*\*\*

**Т**рубопроводная арматура предназначена для управления потоками нефти, транспортируемыми по трубопроводам. По принципу действия арматура делится на три класса: запорная, регулирующая и предохранительная.

Запорная арматура (задвижки) служит для полного перекрытия сечения трубопровода, регулирующая (регуляторы давления) – для изменения давления или расхода перекачиваемой жидкости, предохранительная (обратные и предохранительные клапаны) – для защиты трубопроводов и оборудования при превышении допустимого давления, а также предотвращения обратных токов жидкости.

Задвижками называют запорные устройства, в которых проходное сечение перекрывается поступательным перемещением затвора в направлении, перпендикулярном направлению движения нефти.

Конструктивно задвижка представляет собой цельный литой или сварной корпус, снабженный двумя патрубками для присоединения к трубопроводу (с помощью фланцев или сварки), и шпindel, соединенный с запорным элементом и управляемый с помощью маховика или специального привода. Место выхода шпинделя из корпуса герметизируется с помощью сальникового уплотнения.

По конструкции уплотнительного затвора задвижки делятся на клиновые и параллельные.

На магистральных нефтепроводах задвижки оснащают электроприводом.

Регуляторами давления называются устройства, служащие для автоматического поддержания давления на требуемом уровне. В соответствии с тем, где поддерживается давление – до или после регулятора, различают регуляторы типа «до себя» и «после себя».

Предохранительными клапанами называют устройства, предохраняющие повышение давления в трубопроводе сверх установленной величины. На нефтепроводах применяют мало- и полноподъемные предохранительные клапаны закрытого типа, работающие по принципу сброса части жидкости из места возникновения повышенного давления в специальный сборный коллектор

Обратным клапаном называется устройство для предотвращения обратного движения среды в трубопроводе. При перекачке нефти применяют клапаны обратные поворотные с затвором, вращающимся относительно горизонтальной оси.

**Литература:**

1. Проблемы промышленного освоения природных метаногидратов / М.Г. Иванов [и др.] // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2017. – № 2. – С. 296–309.

2. Дунаев В.И., Терещенко И.А., Молдаванов С.Ю. Об условии развития изолированного дефекта при моделировании гидравлического разрыва нефтеносного пласта // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2021. – Т. 18. – № 4. – С. 23–28.

3. Дунаев В.И. Анализ энергетического условия хрупкого разрушения на основе подхода Райса-Друкера // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2008. – Т. 5. – № 4. – С. 43–50.

4. Терещенко И.А., Дунаев В.И. О развитии вертикальной трещины при гидроразрыве нефтеносного пласта // В сборнике: Прикладная математика: современные проблемы математики, информатики и моделирования. Материалы III всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Краснодар, 2021. – С. 57–61.

5. Даишев М.И., Ильин М.И., Чудаков Г.М. Центрифуга для разделения суспензий // Авторское свидетельство SU 446316 A1, 15.10.1974. Заявка № 1873735/28-13 от 22.01.1973.

#### **Literature:**

1. Problems of industrial development of natural methane hydrates / M.G. Ivanov [et al.] // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2017. – № 2. – P. 296–309.

2. Dunaev V.I., Tereshchenko I.A., Moldavanov S.Yu. On the condition of the development of an isolated defect in the modeling of hydraulic fracturing of an oil reservoir // Ecological Bulletin of the scientific centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2021. – Vol. 18. – № 4. – P. 23–28.

3. Dunaev V.I. Analysis of the energy condition of brittle destruction based on the Rice-Drucker approach // Ecological Bulletin of the scientific centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2008. – Vol. 5. – № 4. – P. 43–50.

4. Tereshchenko I.A., Dunaev V.I. On the development of a vertical crack during hydraulic fracturing of an oil-bearing reservoir // In the collection: Applied Mathematics: modern problems of mathematics, computer science and modeling. Materials of the III All-Russian scientific and practical conference of young scientists. – Краснодар, 2021. – P. 57–61.

5. Daishev M.I., Ilyin M.I., Chudakov G.M. Centrifuge for separation of suspensions // Copyright certificate SU 446316 A1, 10/15/1974. Application № 1873735/28-13 dated 22.01.1973.

## МЕТОД МАГНИТНОЙ ПАМЯТИ МЕТАЛЛА

\*\*\*\*\*

## METAL MAGNETIC MEMORY METHOD

### **Бабоченко Кирилл Сергеевич**

студент кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

### **Исычко Вячеслав Евгеньевич**

студент кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

### **Приходько Марина Геннадьевна**

старший преподаватель  
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
aniram-m03@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема несовершенства применяемых методов неразрушающего контроля, как на заводах-изготовителях изделий (начиная с заготовок), так и в условиях эксплуатации. В статье представлен опыт применения метода магнитной памяти металла при ранней диагностике повреждений новых и бывших в эксплуатации деталей установок нефтедобычи.

**Ключевые слова:** метод, контроль, неразрушающий контроль, метод магнитной памяти металла, анализ.

\*\*\*\*\*

### **Butabohenko Kirill Sergeevich**

Student of the Department Of Equipment for Oil and gas Fields  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

### **Isychko Vyacheslav Evgenievich**

Student of the Department Equipment for Oil and Gas Fields  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

### **Prihodko Marina Gennadyevna**

Senior Lecturer of the Department of Equipment for Oil and gas Fields  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
aniram-m03@mail.ru

**Annotation.** The article considers the problem of imperfection of the applied methods of non-destructive testing, both at the manufacturing plants of products (starting with blanks) and in operating conditions. The article presents the experience of using the method of magnetic memory of metal in the early diagnosis of damage to new and used parts of oil production plants.

**Keywords:** method, control, non-destructive testing, metal magnetic memory method, analysis.

\*\*\*\*\*

**В** настоящее время, на установках нефтедобычи периодически происходят повреждения отдельных наиболее нагруженных узлов и деталей, вследствие неудачного сочетания технологических дефектов изготовления с условиями эксплуатации.

Традиционные методы НК: рентген, ультразвук, вихретоковый метод, магнитно-порошковый метод, цветная дефектоскопия, направлены, как известно, на поиск и обнаружение явно выраженных дефектов, расположенных, преимущественно, на поверхности изделий.

Внутренние дефекты литья, различного рода неоднородности структуры, а также технологические дефекты изготовления (дефекты сварки, проката, гибки, термообработки и др.) из-за отсутствия на большинстве заводов 100 % контроля качества изделий, а также из-за несовершенства применяемых методов НК, остаются в изделиях не выявленными. Технологические дефекты при изготовлении и металлургические дефекты, как известно, создают в локальных зонах изделия высокий уровень остаточных напряжений (ОН). Контроль ОН выполняется выборочно. При этом контролируется средний (объемный) уровень ОН, а локальные зоны ОН от внутренних дефектов металла, как правило, не контролируются и пропускаются. Кроме того, неизвестно где эти локальные зоны расположены и как их можно обнаружить?

На предприятиях, которые эксплуатируют поступившие изделия машиностроения, входной контроль обычными методами НК, как правило, не выполняется или выполняется выборочно, частично. Контроль ОН при входном контроле, как правило, не выполняется. По указанным причинам в первые же годы эксплуатации изделий под рабочей нагрузкой происходит их отбраковка». Технологические и металлургические дефекты, вызывая высокий уровень ОН в локальных зонах изделий при неблагоприятных сочетаниях с напряжениями от рабочей нагрузки вызывают ускоренное развитие повреждений.

В настоящее время все большее распространение на практике при решении задач НК в новых изделиях и определения в них локальных зон ОН получает метод магнитной памяти металла (МПМ). На метод МПМ имеются российские и международные стандарты.

Согласно ГОСТ Р ИСО 24497-1-2009 «Контроль неразрушающий. Метод магнитной памяти металла. Термины и определения» метод МПМ – метод неразрушающего контроля, основанный на регистрации и анализе распределения собственных магнитных полей рассеяния (СМПР), возникающих в зонах концентрации напряжений (ЗКН) и структурной неоднородности изделий. При этом СМПР отображают необратимое изменение намагниченности в направлении действия максимальных напряжений от рабочих (внешних) нагрузок, а также структурную и технологическую наследственность изделий и сварных соединений после их изготовления и охлаждения в магнитном поле Земли.

Метод МПМ принципиально отличается от всех известных магнитных методов НК тем, что при его применении не требуется искусственное намагничивание изделия, а используется естественная намагниченность и последствие, которое проявляется в виде магнитной памяти металла к фактическим деформациям и структурным изменениям.

Метод МПМ выполняет при неразрушающем контроле одновременно две задачи.

Первая задача – выявление дефектных зон на внутренней и наружной поверхности изделия с их последующей классификацией, т.е. выполнение обычной задачи дефектоскопии.

Вторая задача – выполнение контроля напряженно-деформированного состояния металла изделия и сварных соединений с определением зон концентрации напряжений – источников всех видов повреждений на раннем этапе их развития.

Кроме того, метод МПМ не требует никаких подготовительных работ при выполнении контроля и отличается от других методов НК тем, что он указывает уровень концентрации напряжений, т.е. указывает степень опасности выявленных дефектов.



Таким образом, представленный в данной статье опыт применения технологии НК, основанной на использовании магнитной памяти металла, позволяет заявить о возможности осуществить 100 % контроль, как новых, так и бывших в эксплуатации изделий, с целью выявления внутренних технологических и металлургических дефектов.

Контроль с использованием метода МПМ, не требующий никаких подготовительных операций, может быть автоматизирован при условии разработки специализированных сканирующих устройств, учитывающих конструктивные особенности изделия.

### **Литература:**

1. Технология транспортировки высоковязких нефтей, используя метод подогрева. Обзор мирового опыта / А.В. Поляков [и др.] // В сборнике: Наука. Новое поколение. Успех. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. Коллектив авторов, ФГБОУ ВО «КубГТУ», Оформление ООО «Издательский Дом – Юг». – 2020. – С. 153–156.

2. Разработка методики диагностирования узлов газоперекачивающего агрегата по данным вибродиагностики / А.А. Паранук [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 6-2. – С. 270–276.

3. Разработка методики диагностирования неисправности технического состояния подшипников скольжения ГПА / А.Е. Нижник [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2021. – № 7 (343). – С. 24–29.

4. Трубопроводный транспорт нефти и газа. Учебное пособие / П.С. Кунина [и др.]. – Майкоп, 2020. – С. 89–90.

5. Паранук А.А., Арашуков Р.М. Оптимизированная математическая модель расчета процесса образования гидратов в трубопроводах // Наука и техника в газовой промышленности. – 2018. – № 3 (75). – С. 96–101.

6. Поляков А.В., Приходько М.Г., Ханюченко Н.Д. Использование инновационного метода для изготовления, прототипирования и ремонта нефтегазопромыслового оборудования // В сборнике: Наука. Новое поколение. Успех. Материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 162–166.

### **Literature:**

1. Technology for transporting high-viscosity oils using the heating method. Review of world experience / A.V. Polyakov [et al.] // In the collection: Science. New generation. Success. Materials of the International scientific-practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Victory in the Great Patriotic War. Team of authors, FGBOU VO «KubSTU», Design by ООО «Publishing House – Yug». – 2020. – P. 153–156.

2. Development of a method for diagnosing the units of a gas-pumping unit according to vibration diagnostics / A.A. Paranuk [et al.] // Modern science-intensive technologies. – 2021. – № 6-2. – P. 270–276.

3. Development of a technique for diagnosing a malfunction in the technical condition of the plain bearings of the GPU / A.E. Nizhnik [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2021. – № 7 (343). – P. 24–29.

4. Pipeline transport of oil and gas. Tutorial / P.S. Kunina [et al.]. – Maykop, 2020. – P. 89–90.

5. Paranuk A.A., Arashukov R.M. Optimized mathematical model for calculating the process of hydrate formation in pipelines // Science and technology in the gas industry. – 2018. – № 3 (75). – P. 96–101.

6. Polyakov A.V., Prikhodko M.G., Khanyuchenko N.D. Using an innovative method for the manufacture, prototyping and repair of oil and gas equipment // In the collection: Science. New generation. Success. Materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 volumes. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 162–166.

**МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ  
КОЭФФИЦИЕНТА ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТИ**

\*\*\*\*\*

**METHODS FOR INCREASING  
THE OIL RECOVERY FACTOR**

**Бабоченко Кирилл Сергеевич**

студент кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Исычко Вячеслав Евгеньевич**

студент кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Приходько Марина Геннадьевна**

старший преподаватель  
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
aniram-m03@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти, причины снижения коэффициента извлечения остаточных запасов нефти и методы увеличения этого коэффициента.

**Ключевые слова:** коэффициент извлечения, трудноизвлекаемость, обводненность, этап, эксплуатация, стадия разработки.

\*\*\*\*\*

**Butabohenko Kirill Sergeevich**

Student of the Department Of Equipment for Oil and gas Fields  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Isychko Vyacheslav Evgenievich**

Student of the Department Equipment for Oil and Gas Fields  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Prikhodko Marina Gennadyevna**

Senior Lecturer of the Department of Equipment for Oil and gas Fields  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
aniram-m03@mail.ru

**Annotation.** The article deals with the problem of developing fields with hard-to-recover oil reserves, the reasons for the decrease in the recovery factor of residual oil reserves and methods for increasing this coefficient.

**Keywords:** recovery factor, hard to recover, water cut, stage, operation, stage of development.

\*\*\*\*\*

Современный этап развития нефтяной промышленности характеризуется преобладанием месторождений с высокой долей трудноизвлекаемых нефтей над месторождениями с легкоизвлекаемой нефтью. Это обуславливается тем, что большинство высокопродуктивных месторождений были введены в эксплуатацию более 30 лет назад и сейчас находятся на поздней стадии разработки. Поздняя стадия разработки характеризуется интенсивным снижением добычи нефти, а также высокой степенью обводненности.

За последние 30 лет в РФ средний коэффициент извлечения нефти уменьшился с 45 % до 30 %. Основной причиной уменьшения коэффициента является применение для большинства месторождений, независимо от геологических особенностей, традиционных для России технологий разработки с заводнением или на естественном режиме. Существуют даже месторождения с коэффициентом извлечения нефти менее 20%. Большую часть трудноизвлекаемых запасов России составляют карбонатные и низкопроницаемые коллекторы 75 %, пласты с содержанием высоковязких нефтей 15% и залегающие на больших глубинах 10 %.

Учитывая нынешнее положение, очевидно, что освоение месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти требует применения новых технологий, заметно повышающих эффект обычного заводнения.

В настоящее время в мировой практике на поздней стадии разработки применяются методы увеличения коэффициента извлечения нефти, в той или иной мере основанные на заводнении.

Они подразделяются на:

- гидродинамические методы – циклическое заводнение, изменение направления фильтрационных потоков, форсированный отбор жидкости;
- физико-химические методы – заводнение с применением 200 активных примесей (ПАВ, полимеров, щелочей, серной кислоты, диоксида углерода, растворителей);
- газовые методы – водогазовое воздействие, вытеснение нефти газом высокого давления;
- тепловые методы – вытеснение нефти теплоносителями (горячей водой, паром), пароциклическая обработка, внутрислоевого горение.

Для применения методов увеличения коэффициента извлечения остаточных запасов необходимо точно знать каким образом распределена остаточная нефть и в каком состоянии она находится в порах. Остаточные запасы в продуктивном пласте могут находиться в виде пленки нефти, в виде скоплений нефти между зернами породы, а также в виде непромытых водой линзовидных включений или отдельных пропластков, не охваченных процессом заводнения. Неполное вытеснение нефти водой из пластов характеризуется неоднородностью пластов, смачиваемостью пористой среды, межфазным натяжением, вязкостью нефти, а также условиями извлечения. Перед тем, как использовать какой-либо метод важно изучить геологические характеристики слагающих пород и насыщающих жидкостей, которые при внедрении этих методов вступают во взаимодействие с нагнетаемыми в пласт жидкостями. К примеру, если в продуктивном пласте присутствуют глины, то закачка воды, щелочи и других веществ приведет к набуханию глин и потере нагнетательных жидкостей. Если в продуктивном пласте существуют сильноминерализованные рассолы, то при взаимодействии с нагнетаемыми жидкостями может возникнуть выпадение твердых кристаллов в осадок, что приведет к закрытию пор пласта. Также, например, тепловой метод невозможно использовать для пластов, залегающих на большой глубине. Заводнение с растворами щелочей, ПАВ являются известной технологией, но не получили широкого применения из-за высокой стоимости ПАВ и др. слагающих веществ.

Из всех проектов по применению методов увеличения коэффициента извлечения остаточных запасов, 45 % приходится на тепловые методы (в основном паротепловые, при этом коэффициент извлечения нефти увеличивается на 20–30 %), 30 % приходится на газовые методы (на 15–20 %), 15 % на физико-химические методы (на 5–15 %), 8 % на гидродинамические (на 3–5 %) и волновые и микробиологические 2 %.

Средний коэффициент извлечения нефти на Российских месторождениях по предварительным расчетам на 2021 г. не превысит 35 %, а это означает, что почти 2/3 нефти в пласте могут остаться не извлечёнными. Увеличение степени извлечения нефти на 1 % позволит увеличить мировые извлекаемые запасы на 90 миллиардов баррелей, что приравнивается к трехлетней мировой добыче.

Таким образом, перспективы развития нефтяной промышленности в нашей стране в ближайшем будущем зависят от рационального извлечения остаточных запасов нефти. Выбор применяемых технологий, как и выбор последовательности их применения, должен определяться отдельно для каждой залежи с учётом геолого-физической характеристики пластов и на основе всего комплекса исследований, перечисленных выше.

### **Литература:**

1. Технология транспортировки высоковязких нефтей, используя метод подогрева. Обзор мирового опыта / А.В. Поляков [и др.] // В сборнике: Наука. Новое поколение. Успех. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. Коллектив авторов, ФГБОУ ВО «КубГТУ», Оформление ООО «Издательский Дом – Юг». – 2020. – С. 153–156.

2. Разработка методики диагностирования узлов газоперекачивающего агрегата по данным вибродиагностики / А.А. Паранук [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 6-2. – С. 270–276.

3. Разработка методики диагностирования неисправности технического состояния подшипников скольжения ГПА / А.Е. Нижник [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2021. – № 7 (343). – С. 24–29.

4. Трубопроводный транспорт нефти и газа. Учебное пособие / П.С. Кунина [и др.]. – Майкоп, 2020. – С. 89–90.

5. Паранук А.А., Арашуков Р.М. Оптимизированная математическая модель расчета процесса образования гидратов в трубопроводах // Наука и техника в газовой промышленности. – 2018. – № 3 (75). – С. 96–101.

6. Поляков А.В., Приходько М.Г., Ханюченко Н.Д. Использование инновационного метода для изготовления, прототипирования и ремонта нефтегазопромыслового оборудования // В сборнике: Наука. Новое поколение. Успех. Материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 162–166.

### **Literature:**

1. Technology for transporting high-viscosity oils using the heating method. Review of world experience / A.V. Polyakov [et al.] // In the collection: Science. New generation. Success. Materials of the International scientific-practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Victory in the Great Patriotic War. Team of authors, FGBOU VO «KubSTU», Design by ООО «Publishing House – Yug». – 2020. – P. 153–156.

2. Development of a method for diagnosing the units of a gas-pumping unit according to vibration diagnostics / A.A. Paranuk [et al.] // Modern science-intensive technologies. – 2021. – № 6-2. – P. 270–276.

3. Development of a technique for diagnosing a malfunction in the technical condition of the plain bearings of the GPU / A.E. Nizhnik [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2021. – № 7 (343). – P. 24–29.
4. Pipeline transport of oil and gas. Tutorial / P.S. Kunina [et al.]. – Maykop, 2020. – P. 89–90.
5. Paranuk A.A., Arashukov R.M. Optimized mathematical model for calculating the process of hydrate formation in pipelines // Science and technology in the gas industry. – 2018. – № 3 (75). – P. 96–101.
6. Polyakov A.V., Prikhodko M.G., Khanyuchenko N.D. Using an innovative method for the manufacture, prototyping and repair of oil and gas equipment // In the collection: Science. New generation. Success. Materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 volumes. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 162–166.

## НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ И МЕТОДЫ ЕЕ КОМПЕНСАЦИИ

\*\*\*\*\*

## IRREGULARITY OF GAS CONSUMPTION AND METHODS OF ITS COMPENSATION

### **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

### **Шиян Станислав Иванович**

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

### **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

**Аннотация.** Данная статья посвящена неравномерному газопотреблению и методам её компенсации.

**Ключевые слова:** газопровод, потребление, газоснабжение, аккумулирование.

\*\*\*\*\*

### **Bagdasaryan Artem Arturovich**

Student Training Direction 15.03.02 «Technological Machine and Equipment»  
Institute of Oil, Gas and Energy  
Kuban State Technological University  
mr.ch1993@mail.ru

### **Shiyan Stanislav Ivanovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of Oil and Gas Field Equipment,  
Kuban State Technological University  
akngs@mail.ru

### **Ashurov Artem Dmitrievich**

Student Training Direction 15.03.02 «Technological Machine and Equipment»  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
artem.ashurov.00@mail.ru

**Annotation.** This article is devoted to uneven gas consumption and methods of its compensation.

**Keywords:** gas pipeline, consumption, gas supply, storage.

\*\*\*\*\*

Потребление газа колеблется по часам суток, дням недели и месяцам года. Поэтому, в зависимости от величины характерного периода изменения режима потребления газа, выделяется:

- сезонная неравномерность (по месяцам года);
- суточная неравномерность (по дням недели, месяца или года);
- часовая неравномерность (по часам суток).

Иногда упрощенно говорят о сезонной (долгосрочной) и пиковой (краткосрочной) неравномерности.

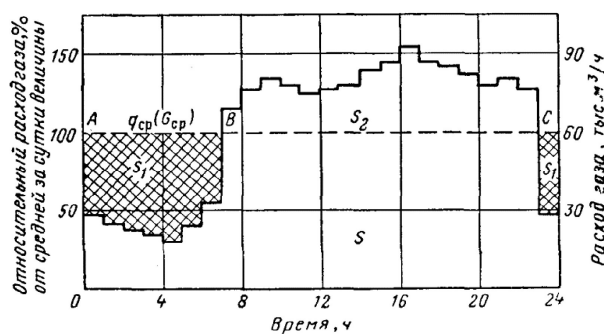


Рисунок 1 – график потребления газа в течение суток

Причинами неравномерности в работе систем газоснабжения могут быть и внутренние производственные причины в работе предприятий газовой отрасли, например:

- аварии в системах добычи, переработки и транспортировки газа;
- проведение плановых профилактических ремонтов и реконструкций (их обычно проводят в периоды сезонно пониженного газопотребления).

Схожие производственные причины могут вызывать неравномерность потребления газа со стороны промышленных потребителей.

В часы приготовления и потребления пищи потребление газа выше, чем в другое время суток. В выходные дни расход газа выше, чем в будни. Зимой расход газа всегда больше, чем летом, когда выключается отопительная система. Поскольку газ по газопроводу подается примерно в одном и том же количестве, исходя из среднечасового расхода, то в одни периоды времени (днем, в выходные и воскресные дни) возможно возникновение его нехватки, а в другие (ночью, в будни) – появляется избыток газа.

Чтобы газоснабжение потребителей было надежным, избыток газа необходимо где-то аккумулировать с тем, чтобы выдавать его в газовую сеть в периоды пикового газопотребления.

Метод аккумуляции газа в последнем участке газопровода широко используется для компенсации неравномерности потребления газа в течении суток, недели. Газопровод – это, в сущности, протяженная емкость большого геометрического объема, и чем выше давление, тем больше газа вмещается в эту емкость. Соответственно, увеличивая противодавление в конце газопровода в периоды пониженного газопотребления можно накапливать газ в трубопроводе, не прекращая при этом его перекачку и подачу в систему из месторождения. Возможность применения этого метода тем больше, чем больше протяженность магистральных газопроводов в системе газоснабжения.

Для компенсации суточной неравномерности газопотребления используют также газгольдеры высокого и низкого давления – сосуды специальной конструкции.

Для возмещения сезонной неравномерности газопотребления необходимы крупные хранилища. На газгольдеры расходуется слишком много стали и требуются значительные площади для их установки. Поэтому восполнение сезонной неравномерности

газопотребления осуществляют с помощью подземных хранилищ, удельный расход металла на сооружение меньше которых в 20–25 раз.

Из сказанного выше следует, что в подавляющем большинстве случаев неравномерность работы систем газоснабжения является вполне закономерным и естественным явлением. До некоторой степени ее можно скомпенсировать, но исключить ее полностью практически невозможно и экономически нецелесообразно.

### **Литература:**

1. Ресурсы низконапорного газа – как один из примеров техногенных месторождений / М.Е. Милостивенко [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 247–251.

2. Мероприятия по предупреждению и борьбе с осложнениями при эксплуатации скважин на Ключевом месторождении / И.И. Шаблий [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 245–250.

3. Потенциал залежей низконапорного газа в России / В.И. Дунаев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 117–120.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. Шапков Е.Н., Шиян С.И., Чуприна Н.Э. Анализ текущего состояния и перспективы доразработки 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.

8. Щеколдин К.С., Шиян С.И., Коваленко Д.Р. Механизм электрохимической защиты скважинного оборудования при добыче высокообводненной агрессивной продукции // Наука. Новое поколение. Успех. – 2021. – Т. 2. – С. 437–443.

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. – С. 280–287.

10. Анализ эффективности существующей системы очистки сточных вод и обоснование необходимости её модернизации на нефтебазе N / Д.Ю. Кирилкин [и др.] // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 190–200.

11. Целесообразность перевода автотранспорта на газовое топливо с точки зрения экологии и стимулирование развития газа как основного моторного топлива в России и за рубежом / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 291–297.



12. Гойда А.Н., Шиян С.И., Шаблий И.И. Современное состояние и перспективы развития рынка сжиженного природного газа // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 124–142.

13. Шиян С.И., Ильинский К.А., Пашуренко И.О. Переработка отходов животноводческого комплекса как решение проблемы парникового эффекта и способ получения источника энергии // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 219–227.

14. Шиян С.И., Чуприна Н.Э. Технико-экономическое обоснование применения технологии зарезки и бурения бокового ствола из бездействующей скважины // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 291–301.

15. Петрушин Е.О., Арутюнян А.С., Шиян С.И. Исследование износостойких покрытий бурильных труб при строительстве эксплуатационной скважины на Южно-Харьгинском нефтяном месторождении // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 3. – С. 278–284.

16. Антонов Е.Н., Шиян С.И., Шаблий И.И. Оценка выработки остаточных запасов пласта АВ 4-5 Самотлорского месторождения путём бурения боковых стволов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 57–75.

#### **Literature:**

1. Resources of low-pressure gas – as one of the examples of technogenic fields / М.Е. Milostivenko [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 247–251.

2. Measures to prevent and combat complications during well operation at the Klyuchevoy field / I.I. Shabliy [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 3. – P. 245–250.

3. Potential of low-pressure gas deposits in Russia / V.I. Dunaev [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 117–120.

4. Batyrov M.I., Shiyani 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. – Vol. 1. – P. 60–72.

5. Antonov E.N., Shiyani S.I. Technique and technology of hydraulic fracturing in wells of the Samotlor field // Bulatov readings. – 2020. – Vol. 2. – P. 48–57.

6. Antonov E.N., Shiyani S.I., Shabliy I.I. Analysis of the effectiveness of hydraulic fracturing at the object AB11-2 of the Samotlor field // Nauka. Technique. Tekhnologii (Politechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 55–72.

7. Shapkov E.N., Shiyani S.I., Chuprina N.E. Analysis of the current state and prospects of predevelopment 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.

8. Shchekoldin K.S., Shiyani S.I., Kovalenko D.R. The mechanism of electrochemical protection of downhole equipment in the production of highly watered aggressive products // Science. New generation. Success. – 2021. – Vol. 2. – P. 437–443.

9. 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.

10. Analysis of the effectiveness of the existing wastewater treatment system and justification of the need for its modernization at the oil depot N / D.Yu. Kirilkin [et al.] // Bulatov Readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 190–200.

11. The expediency of transferring vehicles to gas fuel from an environmental point of view and stimulating the development of gas as the main motor fuel in Russia and abroad / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 291–297.
12. Goida A.N., Shiyan S.I., Shabliy I.I. The current state and development prospects of the liquefied natural gas market // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 4. – P. 124–142.
13. Shiyan S.I., Ilyinsky K.A., Pashurenko I.O. Waste processing of the livestock complex as a solution to the problem of the greenhouse effect and a method of obtaining an energy source // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 4. – P. 219–227.
14. Shiyan S.I., Chuprina N.E. Feasibility Study of Technology of sidetracking and drilling from an idle well // Science. Technique. Tekhnologii (PolytechnicheskiyVestnik). – 2020. – № 1. – P. 291–301.
15. Petrushin E.O., Harutyunyan A.S., Shiyan S.I. Investigation of wear-resistant coatings of drill pipes during the construction of a production well at the Yuzhno–Kharyaginskoye oil field // Bulatov Readings. – 2020. – Vol. 3. – P. 278–284.
16. Antonov E.N., Shiyan S.I., Shabliy I.I. Estimation of the development of residual reserves of the AV 4–5 formation of the Samotlor field by drilling sidetracks // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 4. – P. 57–75.

## ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ВОДНУЮ СРЕДУ ПРИ ДОБЫЧЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ УГЛЕВОДОРОДОВ

\*\*\*\*\*

## MAN-GENERAL EFFECT ON THE AQUATIC ENVIRONMENT DURING THE PRODUCTION AND USE OF HYDROCARBONS

### **Безуглый Александр Николаевич**

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
alex.bezuglyu@gmail.com

### **Шиян Станислав Иванович**

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

### **Аливердиев Аликпер Ямудинович**

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
barbarian008@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрена опасность загрязнения водной среды углеводородами, а также их влияние на флору и фауну мирового океана. Описаны способы очистки гидросферы.

**Ключевые слова:** деградация нефти, загрязнение, мировой океан, морская среда, нефть, нефтепродукт, микроорганизмы, шельфовое месторождение, экосистема.

\*\*\*\*\*

### **Bezuglyu Alexander Nikolaevich**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Engineering»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
alex.bezuglyu@gmail.com

### **Shiyan Stanislav Ivanovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of Oil and Gas Field Equipment,  
Kuban State Technological University  
akngs@mail.ru

### **Aliverdiev Alikper Yamudinovich**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Engineering»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
barbarian008@mail.ru

**Annotation.** This article discusses the danger of pollution of the aquatic environment by hydrocarbons, as well as their impact on the flora and fauna of the oceans. Methods for cleaning the hydrosphere are described.

**Keywords:** oil degradation, pollution, world ocean, marine environment, oil, oil product, microorganisms, shelf field, ecosystem.

\*\*\*\*\*

**В**се загрязнения рано или поздно попадают в море. Главная опасность для морских прибрежных зон связана с освоением нефтяных месторождений континентального шельфа. При бурении скважины глубиной до 4000 м нарабатывается около 500 м<sup>3</sup> бурового шлама и примерно 5000 м<sup>3</sup> полужидких отходов.

В мире пробурено более 65 тыс. морских скважин, около 20 % мировой добычи нефти приходится на морские месторождения, поэтому легко представить степень нарушения состояния гидросферы в районах шельфа. С морских буровых установок, стационарных платформ на шельфе и танкеров, перевозящих нефть, в море попадает более 1,6 млн т в год.

Мировой океан бороздят более 4 тыс. танкеров, которые перевозят по морю более 60 % добываемой нефти. Когда вблизи берега терпит аварию танкер, гибнут морские птицы, страдает прибрежная флора и фауна, пляжи покрываются слоем вязкой нефти. Аварийный танкер обычно окружают бонами из плавающих шлангов, которые препятствуют расплыванию нефтяного пятна и позволяют собрать насосами пролившуюся нефть. Разлившуюся нефть сжигают или засыпают песком и известью, которые захватывают нефть и погружаются вместе с нею на дно.

Активизация освоения нефтяных и газовых месторождений, увеличение объемов перевозок по морю требует создания системы мониторинга состояния морской среды и в первую очередь – морских млекопитающих. В отличие от рыб млекопитающие теплокровны и дышат легкими. Например, загрязнение Каспия углеводородами и пестицидами вызвало падение численности каспийского тюленя. В апреле–июне 2000 г. погибло почти 30 тыс. особей. У большинства из них были выявлены патологические изменения в иммунной системе, а также инфицирование печени, почек и крови болезнетворной микрофлорой. По мнению специалистов, причиной массовой гибели тюленей явилось кумулятивное действие загрязнения природной среды вследствие разработки нефтяных и газовых месторождений Северного, Среднего и Южного Каспия.

В результате разработки морских месторождений увеличивается мутность воды, на поверхности появляется нефтяная пленка и, как следствие, уменьшается проникновение в толщу воды солнечного света, отчего процесс фотосинтеза замедляется. В итоге нарушается кормовая база рыб и падает их воспроизводство.

Загрязнение морских вод негативно сказывается на бентосных сообществах, а это основной корм моржей. Падение численности биомассы бентосных организмов вынуждает моржей мигрировать. В связи с потеплением климата в Арктике кромка льда отступает к краю шельфа в глубоководные районы океана. Условия для добычи корма ухудшаются, опасность гибели животных возрастает.

От нефтяных загрязнений страдают обширные участки побережий. В частности, по этой причине на многих участках побережья Северного моря запрещено купание. На шельфе этого моря средняя глубина составляет менее 80 м. Самоочищению Северного моря не помогают ни приливы, ни штормовые волны. Северное море так густо усеяно буровыми вышками, по его дну проложено такое количество трубопроводов, его воды бороздит такое количество танкеров, что даже специалисты не могут дать окончательное заключение о масштабах и последствиях его загрязнения.

В результате деятельности человека в окружающую среду попадает около 40 тыс. различных химических веществ, их действие на фауну, флору и человека в большинстве случаев изучено слабо. Доказано, что сбросы в море бурового шлама оказывают отрицательное воздействие на морскую среду: вокруг морских платформ под толщей шлама в донных осадках сформировались анаэробные условия и макрофауна отсутствует. Съемки в Северном море выявили вблизи платформ повышенный уровень содержания углеводородов, которые являются остатками дизельного топлива – основы буровых растворов.

Главный механизм самоочищения воды состоит в деградации нефти. Углеводороды с цепочками атомов углерода до  $C_{15}$  (температура кипения до  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) улетучиваются с водной поверхности в течение 10 суток, в среднем испарение может удалить до 50 % углеводородов нефти. Тяжелые фракции с цепочками атомов  $C_{25}$  и выше практически не испаряются.

Установлено, что окончательная судьба нефти в море определяется активностью микроорганизмов: описано 70 родов микроорганизмов и 30 видов грибов, окисляющих углеводороды. В районах моря, подверженных хроническому загрязнению нефтью, углеводородоокисляющие бактерии наиболее многочисленны и составляют 10 % от численности всего микробиоценоза. Содержащиеся в морской воде микроорганизмы в первую очередь потребляют n-алканы, а затем ароматические соединения. Сложность состава нефти и нефтепродуктов требует разнообразия микроорганизмов, способных атаковать как компоненты нефти, так и продукты метаболизма. Поэтому нефть более эффективно разрушается не отдельными штаммами, а смешанным бактериальным населением.

Ускоренное окисление нефтяных углеводородов происходит при достаточном насыщении воды кислородом: для полного окисления 1 л нефти требуется 3,30 кг кислорода. Наиболее благоприятные условия для этого создаются на границе раздела вода-воздух, так как здесь процесс окисления стимулируется действием солнечной радиации. В ясную погоду на поверхности плавающей пленки может окислиться до 2 т/км нефти за сутки.

Судьбу нефти, попавшей в море, невозможно описать во всех подробностях. Попавшая в водоем нефть быстро растекается. Даже тончайшая нефтяная пленка изолирует воду от кислорода воздуха, уменьшая тем самым аэрацию. Легкие фракции быстро испаряются, а оставшиеся превращаются в устойчивую водонефтяную эмульсию.

По мере испарения углеводородов плотность и вязкость нефтяной пленки увеличиваются, поверхностное натяжение уменьшается и растекание прекращается. Волны и течения разбивают пленку на отдельные капли. Действие волн и ветра на нефть усиливают химические диспергаторы, которые разбивают сплошной слой на мелкие капли. Формируются эмульсии типа «нефть в воде» и «вода в нефти». Такие эмульсии могут существовать более 100 дней. Диспергаторы ускоряют биологическое разложение нефти, так как предоставляют бактериям огромную поверхность для заселения.

Со временем образуются тяжелые и стойкие агрегаты из парафиновых и ароматических углеводородов, которые оседают на дно. На образование этих агрегатов уходит до 10 % нефти. Тяжелые фракции нефти, опускаясь на дно, образуют устойчивый к окислению слой на поверхности ила, в котором гибнут живые организмы. Тяжелые фракции нефти могут сохраняться в донных осадках в течение многих лет. При содержании нефти 0,2 мг/л вода приобретает запах керосина, который не устраняется даже при хлорировании и фильтровании воды. Рыба под воздействием даже ничтожных концентраций нефтепродуктов приобретает стойкий керосиновый запах и не может быть скормлена даже скоту. Нефть и нефтепродукты не только пагубно влияют на все звенья биологической цепи, но и нарушают обмен энергией, влаго- и газообмен между атмосферой и водоемами.

Нефть и нефтепродукты относятся к комплексным загрязнителям, действующим на водные организмы. Среди компонентов нефти наиболее токсичным обладают растворимые в воде нафтеновые кислоты, фенолы и предельные углеводороды. Следствием загрязнения являются угнетение и подавление нормальной органической жизни, изменение состава биоценозов, заморы рыбы и гибель нерестилищ. Проведенные биологами опыты с наиболее типичными составами буровых растворов показали, что нормальное развитие молоди рыбы в воде возможно лишь при разведении водой отработанного бурового раствора в 26 тысяч раз.

При освоении месторождений на шельфе нужно помнить об уязвимости, биологической чувствительности морских экосистем и их значении для народов, живущих на берегах морей. На шельфе Сахалина добывается нефть с буровой платформы, установленной рядом с путями миграции серых китов. Этих животных осталось около сотни – киты вымирают. Экологи связывают это с добычей нефти у побережья, куда киты приходят кормиться и выращивать детенышей. Их здесь встречают шумы от сейсморазведки, интенсивное судоходство и загрязнение буровыми отходами. При бурении морских скважин выбуренный шлам, тара, технологические отходы должны транспортироваться на береговые базы.

### **Литература:**

1. Организация и управление охраной окружающей природной среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 266–271.
2. Экологические аспекты в нефтегазовом комплексе / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 272–277.
3. Сухин А.А., Шиян С.И. Анализ методов борьбы с гидратами на Астраханском газоконденсатном месторождении // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 383–392.
4. Источники и масштабы техногенного загрязнения в нефтяной промышленности / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 278–283.
5. Брижань В.В., Шиян С.И. Оценка экономической эффективности от перевода грузового автотранспорта на компримированный природный газ в качестве моторного топлива // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 300–314.
6. Потенциал залежей низконапорного газа в России / В.И. Дунаев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 117–120.
7. Ресурсы низконапорного газа – как один из примеров техногенных месторождений / М.Е. Милостивенко [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 247–251.
8. Мероприятия по предупреждению и борьбе с осложнениями при эксплуатации скважин на Ключевом месторождении / И.И. Шаблей [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 245–250.
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. – С. 280–287.
10. Анализ эффективности существующей системы очистки сточных вод и обоснование необходимости её модернизации на нефтебазе N / Д.Ю. Кирилкин [и др.] // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 190–200.
11. Техногенные месторождения России – рамки и условия их освоения / В.И. Дунаев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 112–116.

12. Шиян С.И. Предупреждение геоэкологических 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/pre-duprezhdenie-geoekologicheskikh-posledstviy-ot-avarii-putem-operativnogo-upravleniya-tekh>

13. Шиян С.И., Ильинский К.А., Пашуренко И.О. Переработка отходов животноводческого комплекса как решение проблемы парникового эффекта и способ получения источника энергии // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 219–227.

14. Целесообразность перевода автотранспорта на газовое топливо с точки зрения экологии и стимулирование развития газа как основного моторного топлива в России и за рубежом / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С.291–297.

15. Гойда А.Н., Шиян С.И., Шаблей И.И. Современное состояние и перспективы развития рынка сжиженного природного газа // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 124–142.

#### **Literature:**

1. Organization and management of environmental protection at enterprises of the oil and gas industry / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 266–271.

2. Environmental aspects in the oil and gas complex / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 272–277.

3. Sukhin A.A., Shiyani S.I. Analysis of methods for combating hydrates at the Astrakhan gas condensate field // Bulatov Readings. – 2020. – Vol. 2. – P. 383–392.

4. Sources and extent of technogenic pollution in the oil industry / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 278–283.

5. Brizhan V.V., Shiyani S.I. Evaluation of economic efficiency from the transfer of trucks to compressed natural gas as a motor fuel // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 2. – P. 300–314.

6. Potential of low-pressure gas deposits in Russia / V.I Dunaev [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 117–120.

7. Resources of low-pressure gas – as one of the examples of technogenic fields / M.E. Milostivenko [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 247–251.

8. Measures to prevent and combat complications during well operation at the Klyuchevoy field / I.I. Shabliy [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 3. – P. 245–250.

9. 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.

10. Analysis of the effectiveness of the existing wastewater treatment system and justification of the need for its modernization at the oil depot N / D.Yu. Kirilkin [et al.] // Bultov Readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 190–200.

11. Technogenic deposits in Russia – the framework and conditions for their development / V.I. Dunaev [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 112–116.

12. Shiyan 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»: Dis. ... Cand. Techn. Sciences. – Krasnodar, 2005. – URL : <https://www.dissercat.com/content/preduprezhdenie-geoekologicheskikh-posledstviy-ot-avarii-putem-operativnogo-upravleniya-tekh>

13. Shiyan S.I., Ilyinsky K.A., Pashurenko I.O. Waste processing of the livestock complex as a solution to the problem of the greenhouse effect and a method of obtaining an energy source // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 4. – P. 219–227.

14. The expediency of transferring vehicles to gas fuel from an environmental point of view and stimulating the development of gas as the main motor fuel in Russia and abroad / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 291–297.

15. Goida A.N., Shiyan S.I., Shabliy I.I. The current state and development prospects of the liquefied natural gas market // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 4. – P. 124–142.



## ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ПОТЕРЬ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

\*\*\*\*\*

### THE MAIN TYPES OF LOSSES OF OIL AND OIL PRODUCTS

**Бутьянов Дмитрий Александрович**

студент кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет

**Вавилова Влада Владимировна**

студент кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет

**Зогова Елизавета Сергеевна**

студент кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет

**Казимагомедов Саид Ярметович**

студент кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет

**Приходько Марина Геннадьевна**

старший преподаватель  
кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет  
aniram-m03@mail.ru

**Аннотация.** Представлена классификация потерь нефти и нефтепродуктов в процессе транспортировки и хранения.

**Ключевые слова:** количественные потери, качественно-количественные потери, нефтепродукты, нефть, испарение.

\*\*\*\*\*

**Butyanov Dmitry Alexandrovich**

Student of the Department «Equipment for Oil and Gas Fields»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Vavilova Vlada Vladimirovna**

Student of the Department «Equipment for Oil and Gas Fields»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Zogova Elizaveta Sergeevna**

Student of the Department «Equipment for Oil and Gas Fields»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Kazimagomedov Said Yarmetovich**

Student of the Department «Equipment for Oil and Gas Fields»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Prikhodko Marina Gennadyevna**

Senior Lecturer of the Department of Equipment for Oil and Gas Fields

Institute «Oil, Gas and Energy»

Kuban State Technological University

**Annotation.** The classification of losses of oil and oil products during transportation and storage is presented.

**Keywords:** quantitative losses, qualitative and quantitative losses, oil products, oil, evaporation.

\*\*\*\*\*

**В**ажной задачей при эксплуатации резервуарных парков является сохранение качества и количества продукта. Это требует обеспечения максимальной герметизации всех процессов слива, налива и хранения. Основная доля потерь от испарения на протяжении всего пути движения нефти от промысла до нефтеперерабатывающих заводов, на самих заводах и нефтепродуктов от заводов до потребителей приходится на резервуары (по отраслям нефтяной промышленности количественные безвозвратные потери распределяются следующим образом: потери на нефтепромыслах – 4,0 %; на нефтеперерабатывающих заводах – 3,5 %; при транспорте и хранении нефти и нефтепродуктов на нефтебазах и нефтепродуктопроводах – 2,0 %. Всего 9,5 %).

Все потери нефти и нефтепродуктов классифицируются на следующие виды: количественные потери; качественно-количественные потери, при которых происходит количественная потеря с одновременными ухудшениями качества нефтепродукта, – потери от испарения; качественные потери, когда ухудшается качество нефтепродукта при неизменном количестве, – потери при недопустимом смещении.

Количественные потери происходят в результате утечек, переливов, неполного слива транспортных емкостей и резервуаров. Эти потери становятся возможными при негерметичности стенок и днищ резервуаров, неисправности запорной арматуры, несоблюдении технологии проведения операций и неисправности контрольно-измерительного оборудования. К потерям следует отнести и неполный слив нефтепродуктов, особенно вязких, происходящих из-за конструктивных дефектов транспортных емкостей (недостаточный уклон днища емкости к сливному патрубку), налипания нефтепродуктов и образования пленки на стенках емкости, для стекания которой необходимо дополнительное время.

Качественно-количественные потери происходят при испарении нефти и нефтепродуктов. В результате испарения из нефти теряются легкие углеводороды, являющиеся ценным сырьем для нефтеперерабатывающей промышленности. Потери легких фракций снижают качество нефтепродуктов. В наибольшей степени это относится к бензинам, в меньшей степени – к реактивным топливам. Масла, мазуты и смазки практически не испаряются и соответственно по этой причине не теряют качества.

Качественные потери возникают в результате смешения, загрязнения, обводнения, окисления нефтепродуктов. Ухудшение качества нефтепродукта в результате смешения происходит при последовательной перекачке по одному трубопроводу различных по свойствам нефтепродуктов, а также при заполнении емкостей, содержащих остатки нефтепродукта другого сорта. При этом возможен перевод части нефтепродукта в более низкий сорт, т.е. уменьшение его количества. Одним из основных факторов, влияющих на качество нефтепродуктов, наряду с физико-химическими свойствами, являются время и условия хранения.

Анализ потерь нефти и нефтепродуктов при транспортировке и хранении позволяет принимать действенные меры по их снижению, а также сохранять качество продукции.

#### **Литература:**

1. Технология транспортировки высоковязких нефтей, используя метод подогрева. Обзор мирового опыта / А.В. Поляков [и др.] // В сборнике: Наука. Новое поколе-

ние. Успех. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. Коллектив авторов, ФГБОУ ВО «КубГТУ», Оформление ООО «Издательский Дом – Юг». – 2020. – С. 153–156.

2. Разработка методики диагностирования узлов газоперекачивающего агрегата по данным вибродиагностики / А.А. Паранук [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 6-2. – С. 270–276.

3. Разработка методики диагностирования неисправности технического состояния подшипников скольжения ГПА / А.Е. Нижник [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2021. – № 7 (343). – С. 24–29.

4. Трубопроводный транспорт нефти и газа. Учебное пособие / П.С. Кунина [и др.]. – Майкоп, 2020. – С. 89–90.

5. Паранук А.А., Арашуков Р.М. Оптимизированная математическая модель расчета процесса образования гидратов в трубопроводах // Наука и техника в газовой промышленности. – 2018. – № 3 (75). – С. 96–101.

6. Поляков А.В., Приходько М.Г., Ханюченко Н.Д. Использование инновационного метода для изготовления, прототипирования и ремонта нефтегазопромыслового оборудования // В сборнике: Наука. Новое поколение. Успех. Материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 162–166.

#### **Literature:**

1. Technology for transporting high-viscosity oils using the heating method. Review of world experience / A.V. Polyakov [et al.] // In the collection: Science. New generation. Success. Materials of the International scientific-practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Victory in the Great Patriotic War. Team of authors, FGBOU VO «KubSTU», Design by ООО «Publishing House – Yug». – 2020. – P. 153–156.

2. Development of a method for diagnosing the units of a gas-pumping unit according to vibration diagnostics / A.A. Paranuk [et al.] // Modern science-intensive technologies. – 2021. – № 6-2. – P. 270–276.

3. Development of a technique for diagnosing a malfunction in the technical condition of the plain bearings of the GPU / A.E. Nizhnik [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2021. – № 7 (343). – P. 24–29.

4. Pipeline transport of oil and gas. Tutorial / P.S. Kunina [et al.]. – Maykop, 2020. – P. 89–90.

5. Paranuk A.A., Arashukov R.M. Optimized mathematical model for calculating the process of hydrate formation in pipelines // Science and technology in the gas industry. – 2018. – № 3 (75). – P. 96–101.

6. Polyakov A.V., Prikhodko M.G., Khanyuchenko N.D. Using an innovative method for the manufacture, prototyping and repair of oil and gas equipment // In the collection: Science. New generation. Success. Materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 volumes. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 162–166.

## МЕТОДЫ СОКРАЩЕНИЯ ПОТЕРЬ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

\*\*\*\*\*

## METHODS TO REDUCE LOSSES OF OIL AND OIL PRODUCTS

**Бутьянов Дмитрий Александрович**

студент кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет

**Вавилова Влада Владимировна**

студент кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет

**Зогова Елизавета Сергеевна**

студент кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет

**Казимагомедов Саид Ярметович**

студент кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет

**Приходько Марина Геннадьевна**

старший преподаватель  
кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет  
aniram-m03@mail.ru

**Аннотация.** Описаны основные методы сокращения потерь нефти и нефтепродуктов при транспортировке и хранении.

**Ключевые слова:** дыхания, резервуар, нефть, нефтепродукты, потери, испарения.

\*\*\*\*\*

**Butyanov Dmitry Alexandrovich**

Student of the Department «Equipment for Oil and Gas Fields»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Vavilova Vlada Vladimirovna**

Student of the Department «Equipment for Oil and Gas Fields»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Zogova Elizaveta Sergeevna**

Student of the Department «Equipment for Oil and Gas Fields»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Kazimagomedov Said Yarmetovich**

Student of the Department «Equipment for Oil and Gas Fields»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Prikhodko Marina Gennadyevna**

Senior Lecturer 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 reducing the loss of oil and oil products during transportation and storage are described.

**Keywords:** respiration, reservoir, oil, oil products, losses, evaporation.

\*\*\*\*\*

**Н**ефть и нефтепродукты проходят сложный путь транспортировки, перевалки, хранения и распределения. Ориентировочно можно считать, что до непосредственного использования нефтепродукты подвергаются более чем 20 перевалкам, при этом 75 % потерь происходит от испарения и только 25 % от аварий и утечек. Проанализировав источники по данной теме было выявлено, что основная доля потерь приходится на резервуарные парки (до 70 %), причем около 65 % от испарения при «малых» и «больших» дыханиях.

Самый эффективный способ снижения потерь нефтепродукта – использование конструкций подземного размещения (подземных резервуаров). По сравнению с наземным оборудованием, они в гораздо меньшей степени подвергаются воздействию температур, что обеспечивает сокращение теряемого объема («малое дыхание») в 8–10 раз.

Возможные способы сокращения потерь нефтепродуктов:

– Для снижения влияния фактора перепада температур в наземном сосуде следует применять изоляционные покрытия – алюминиевую покраску со слоем эмали. Эффективность теплоизоляции емкости увеличивается на 30–60 % при одновременном покрытии поверхности крышки резервуара изнутри и снаружи.

– Хранение летучих составов в конструкциях с понтоном (плавающей крышей).

– Максимальное рекомендованное заполнение тары на каждом цикле.

– Использование тары большой вместительности.

– Использование диска-отражателя для изменения направления поступающего воздуха на горизонтальное.

– Устройство газовой обвязки (для резервуарной группы, предназначенной для одного нефтепродукта).

– Своевременного и качественного проведения периодического обслуживания и предупредительно-профилактических ремонтов резервуаров и технологического оборудования нефтебаз и складов.

– Четкое планирование и правильное осуществление сливно-наливных операций.

– Для уменьшения потерь от «малых дыханий» в атмосферных резервуарах нефтепродукты необходимо хранить при максимальном заполнении резервуаров, так как в этом случае достигается наименьший объем газового пространства.

– Для сокращения потерь от «больших дыханий» необходимо максимально сократить внутрибазовые перекачки нефтепродукта из резервуара в резервуар.

– Чем меньше промежуток времени между выкачкой и закачкой нефтепродукта в резервуар, тем меньше величина потерь от «больших дыханий». Это объясняется тем, что при выкачке нефтепродукта в резервуар через дыхательный клапан будет поступать воздух, который при малом интервале времени не успеет насытиться парами нефтепродукта.

– Потери от «малых дыханий» прямо пропорциональны площади испарения, поэтому легкоиспаряющиеся нефтепродукты выгоднее хранить в резервуарах большого объема.

– Важное значение имеет техническое состояние резервуаров и дыхательной арматуры. Регулярная проверка герметичности крыши резервуара и исправности клапанов может предотвратить потери от вентиляции газового пространства.

Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов – один из важных путей экономии топливно-энергетических ресурсов, играющих ведущую роль в развитии экономики и интенсификации общественного производства.

Ущерб состоит не только в уменьшении топливных ресурсов и в стоимости теряемых продуктов, но и в отрицательных экологических последствиях, которые являются результатом загрязнения окружающей среды нефтепродуктами. Поэтому борьба с потерями нефтепродуктов дает не только экономический эффект, но и жизненно важна для обеспечения охраны окружающей среды.

#### **Литература:**

1. Технология транспортировки высоковязких нефтей, используя метод подогрева. Обзор мирового опыта / А.В. Поляков [и др.] // В сборнике: Наука. Новое поколение. Успех. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. Коллектив авторов, ФГБОУ ВО «КубГТУ», Оформление ООО «Издательский Дом – Юг». – 2020. – С. 153–156.

2. Разработка методики диагностирования узлов газоперекачивающего агрегата по данным вибродиагностики / А.А. Паранук [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 6-2. – С. 270–276.

3. Разработка методики диагностирования неисправности технического состояния подшипников скольжения ГПА / А.Е. Нижник [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2021. – № 7 (343). – С. 24–29.

4. Трубопроводный транспорт нефти и газа. Учебное пособие / П.С. Кунина [и др.]. – Майкоп, 2020. – С. 89–90.

5. Паранук А.А., Арашукоев Р.М. Оптимизированная математическая модель расчета процесса образования гидратов в трубопроводах // Наука и техника в газовой промышленности. – 2018. – № 3 (75). – С. 96–101.

6. Поляков А.В., Приходько М.Г., Ханюченко Н.Д. Использование инновационного метода для изготовления, прототипирования и ремонта нефтегазопромыслового оборудования // В сборнике: Наука. Новое поколение. Успех. Материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 162–166.

#### **Literature:**

1. Technology for transporting high-viscosity oils using the heating method. Review of world experience / A.V. Polyakov [et al.] // In the collection: Science. New generation. Success. Materials of the International scientific-practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Victory in the Great Patriotic War. Team of authors, FGBOU VO «KubSTU», Design by ООО «Publishing House – Yug». – 2020. – P. 153–156.

2. Development of a method for diagnosing the units of a gas-pumping unit according to vibration diagnostics / A.A. Paranuk [et al.] // Modern science-intensive technologies. – 2021. – № 6-2. – P. 270–276.

3. Development of a technique for diagnosing a malfunction in the technical condition of the plain bearings of the GPU / A.E. Nizhnik [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2021. – № 7 (343). – P. 24–29.

4. Pipeline transport of oil and gas. Tutorial / P.S. Kunina [et al.]. – Maykop, 2020. – P. 89–90.

5. Paranuk A.A., Arashukov R.M. Optimized mathematical model for calculating the process of hydrate formation in pipelines // Science and technology in the gas industry. – 2018. – № 3 (75). – P. 96–101.

6. Polyakov A.V., Prikhodko M.G., Khanyuchenko N.D. Using an innovative method for the manufacture, prototyping and repair of oil and gas equipment // In the collection: Science. New generation. Success. Materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 volumes. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 162–166.

## **КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БУРИЛЬНЫХ ТРУБ В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

\*\*\*\*\*

## **QUALITY CONTROL OF DRILL PIPES DURING THE MANUFACTURING PROCESS**

### **Вавилова Влада Владимировна**

студент кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет

### **Зогова Елизавета Сергеевна**

студент кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет

### **Казимагомедов Саид Ярметович**

студент кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет

### **Бутьянов Дмитрий Александрович**

студент кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет

### **Приходько Марина Геннадьевна**

старший преподаватель  
кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет  
aniram-m03@mail.ru

**Аннотация.** В статье изложены основные способы испытаний на качество бурильных труб, основные методы контроля качества в процессе производства труб, а также допустимые значения замеров, проводимых в течение всего процесса изготовления.

**Ключевые слова:** бурильные трубы, контроль качества, разрушающие методы контроля, неразрушающие методы контроля.

\*\*\*\*\*

### **Vavilova Vlada Vladimirovna**

Student of the Department «Equipment for Oil and Gas Fields»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

### **Zogova Elizaveta Sergeevna**

Student of the Department «Equipment for Oil and Gas Fields»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

### **Kazimagomedov Said Yarmetovich**

Student of the Department «Equipment for Oil and Gas Fields»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Butyanov Dmitry Alexandrovich**

Student of the Department «Equipment for Oil and Gas Fields»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Prikhodko Marina Gennadyevna**

Senior Lecturer 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 article describes the main methods of testing for the quality of drill pipes, the main methods of quality control during the production of pipes, as well as the permissible values of measurements carried out during the entire manufacturing process.

**Keywords:** drill pipes, quality control, destructive control methods, non-destructive control methods.

\*\*\*\*\*

**В** настоящее время, операции контроля превращаются в самостоятельную отрасль промышленности, решающую проблемы создания аппаратуры и методик контроля качества. Контроль качества является самой массовой технологической операцией в производстве.

В данном случае, контроль качества бурильных труб в процессе производства является необходимой и важной частью производства, так как именно она помогает выявить причины дальнейших отказов бурильных труб в процессе эксплуатации и избежать их ещё на стадии производства.

Бурильная труба представляет собой объект диагностирования, характеризуемый большим количеством параметров, которые необходимо контролировать в процессе производства. Контроль на всех стадиях производства бурильных труб очень трудоёмкий.

Методы технического контроля можно разделить на разрушающие и неразрушающие. К первым относят механические испытания образцов, вырезанных из элементов. К неразрушающим относят методы, которые предполагают применение физических методов контроля качества без нарушения работоспособности конструкции.

Основными параметрами контроля бурильных труб являются: контроль размеров бурильных труб, наличия дефектов, контроль параметров резьбы, контроль соосности приварных замков и трубы, контроль кривизны (отклонения от прямолинейности) трубы, механических свойств тела трубы, сварного соединения и приварного замка.

**Разрушающие методы контроля:**

1. Испытание на разрыв. Механические свойства проверяют на образцах, вырезанных из тела трубы, сварного соединения и деталей приварных замков. По результатам испытания определяют временное сопротивление, предел текучести, относительное удлинение и относительное сужение. Испытание на разрыв проводят на любой разрывной машине.

2. Испытание на ударную вязкость основано на разрушении образца с концентратором посередине одним ударом маятникового копра. В результате испытания определяют полную работу, затраченную при ударе или ударную вязкость.

**Неразрушающие методы контроля:**

1. Проверка номинальных размеров бурильных труб с приваренными замками и соответствие внешнего вида труб требованиям чертежей. Наружный диаметр и толщину стенки труб и приварных замков измеряют штангенциркулем; линейные размеры – измерительной металлической линейкой; длину – рулеткой; натяг замков в



паре – с помощью щупов; массу определяют на весах для статического взвешивания. Соответствие внешнего вида труб требованиям чертежей и настоящих технических условий контролируется визуально.

2. Контроль наличия дефектов на резьбе приварных замков. С помощью методов дефектоскопического контроля при контроле выявляются поперечные трещины, в том числе усталостные, расслоения, ужимы и прочие дефекты поперечной ориентации во впадинах замковой резьбы. Для контроля наличия дефектов на резьбе приварных замков используются ультразвуковой метод контроля с помощью ультразвукового дефектоскопа типа, а также магнитопорошковый метод с помощью магнитного дефектоскопа.

В таблице 1 приведены виды бурильных труб, основные размеры и их масса

**Таблица 1** – Виды бурильных труб

Тело бурильной трубы <sup>a</sup>			Сварная шейка	Замок									Приближительная расчетная масса единицы длины бурильной трубы $m_{зр}$ , кг/м
Наружный диаметр $D_{зр}^a$	Толщина стенки $\epsilon$ , -12,5%	Группа прочности	Наружный диаметр сварного соединения $D_{св}^b$ , не более	Тип резьбового упорного соединения $a$	Наружный диаметр $D$ , $\pm 0,8$	Внутренний диаметр $d_p$ , +0,4 -0,8	Длина нипеля по наружной поверхности $L_p$ , $\pm 6,4$	Общая длина нипеля $L_{нп}$ , +6,4 -9,5	Длина муфты по наружной поверхности $L_{\mu}$ , $\pm 6,4$	Общая длина муфты $L_{\mu}$ , $\pm 6,4$	Диаметр фаски упорных поверхностей $\pm 0,4$	Радиус галтели прямоуглового заплечика под элеватор $R_1$	
Бурильные трубы с внутренней высадкой (IU)													
73,02	9,19	D, E	76,2	NC26, 3-73	95,2	31,8	180,0	314,0	204,0	273,0	90,9	4,8	16,18
88,90	9,35	D, E	92,1	NC31, 3-86	108,0	44,5	180,0	327,0	230,0	300,0	100,4	4,8	20,48
88,90	11,40	D, E	92,1	NC31, 3-86	108,0	41,3	180,0	327,0	230,0	300,0	100,4	4,8	23,81
101,60	8,38	D, E	106,4	NC40, 3-108	133,4	71,4	177,8	357,0	254,0	340,0	127,4	6,4	22,42
101,60	8,38	X	106,4	NC40, 3-108	133,4	68,3	177,8	357,0	254,0	340,0	127,4	6,4	22,76
101,60	8,38	G	106,4	NC40, 3-108	139,7	61,9	177,8	357,0	254,0	340,0	127,4	6,4	23,61
101,60	8,38	S	106,4	NC40, 3-108	139,7	50,8	177,8	357,0	254,0	340,0	127,4	6,4	24,03
114,30	6,88	D, E	119,1	NC46, 3-122	152,4	85,7	177,8	357,0	254,0	340,0	145,3	6,4	22,50
Бурильные трубы с наружной высадкой (EU)													
60,32	7,11	D, E	65,1	NC26, 3-73	85,7	44,5	177,8	315,0	203,2	275,0	83,0	4,8	10,45
60,32	7,11	X, G	65,1	NC26, 3-73	85,7	44,5	177,8	315,0	203,2	275,0	83,0	4,8	10,58
73,02	9,19	D, E	81,0	NC31, 3-86	104,8	54,0	177,8	327,0	228,6	300,0	100,4	4,8	16,25
73,02	9,19	X, G	81,0	NC31, 3-86	104,8	50,8	177,8	327,0	228,6	300,0	100,4	4,8	16,50
73,02	9,19	S	81,0	NC31, 3-86	111,1	41,3	177,8	327,0	228,6	300,0	100,4	4,8	17,19
88,90	6,45	D, E	98,4	NC38, 3-102	120,7	68,3	203,2	365,0	266,7	337,0	116,3	4,8	15,77
88,90	9,35	D, E	98,4	NC38, 3-102	120,7	68,3	203,2	365,0	266,7	337,0	116,3	4,8	20,77
88,90	9,35	X	98,4	NC38, 3-102	127,0	65,1	203,2	365,0	266,7	337,0	116,3	4,8	21,76
88,90	9,35	G	98,4	NC38, 3-102	127,0	61,9	203,2	365,0	266,7	337,0	116,3	4,8	21,90
88,90	9,35	S	98,4	NC38, 3-102	127,0	54,0	203,2	365,0	266,7	337,0	116,3	4,8	22,22

Таким образом, при соблюдении основных методов контроля качества и допустимых параметров можно избежать негативных последствий в процессе эксплуатации бурильных труб.

### Литература:

1. Величко Е.И., Приходько М.Г. Мягкие резервуары. Описание и применение // В сборнике: материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – Т. 1. – С. 62–65.
2. Паранук А.А., Мамий С.А., Хрисониди В.А. Газоперекачивающие агрегаты. – Яблоновский, 2019. – С. 112–114.
3. Паранук А.А., Мамий С.А. Эксплуатация насосных и компрессорных станций. – Яблоновский, 2019. – С. 83–86.

4. Поляков А.В., Приходько М.Г., Ханюченко Н.Д. Использование инновационного метода для изготовления, прототипирования и ремонта нефтегазопромыслового оборудования // В сборнике: Наука. Новое поколение. Успех. Материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 162–166.
5. Обзор методов борьбы с коррозией / А.В. Поляков [и др.] // В сборнике: Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – Т. 1. – С. 293–296.
6. Физические основы оптических методов контроля / А.В. Поляков [и др.] // В сборнике: Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – Т. 2. – С. 80–83.

#### **Literature:**

1. Velichko E.I., Prikhodko M.G. Soft tanks. Description and application // In the collection: materials of the International Scientific and Practical Conference: in 3 volumes – Krasnodar, 2020. – Vol. 1. – P. 62–65.
2. Paranuk A.A., Mamiy S.A., Chrysonides V.A. Gas pumping units. – Yablonsky, 2019. – P. 112–114.
3. Paranuk A.A., Mamiy S.A. Operation of pumping and compressor stations. – Yablonsky, 2019. – P. 83–86.
4. Polyakov A.V., Prikhodko M.G., Khanyuchenko N.D. Using an innovative method for the manufacture, prototyping and repair of oil and gas equipment // In the collection: Science. New generation. Success. Materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 volumes. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 162–166.
5. Review of corrosion control methods / A.V. Polyakov [et al.] // In the collection: Materials of the International Scientific and Practical Conference: in 3 volumes. – Krasnodar, 2020. – Vol. 1. – P. 293–296.
6. Physical foundations of optical control methods / A.V. Polyakov [et al.] // In the collection: Materials of the International Scientific and Practical Conference: in 3 volumes. – Krasnodar, 2020. – Vol. 2. – P. 80–83.

## **ПРОБЛЕМЫ И СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ**

\*\*\*\*\*

### **PROBLEMS AND MODERN MEANS OF LIQUIDATION OF EMERGENCY OIL AND OIL PRODUCTS SPILLS**

**Вавилова Влада Владимировна**

студент кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет

**Зогова Елизавета Сергеевна**

студент кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет

**Казимагомедов Саид Ярметович**

студент кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет

**Бутьянов Дмитрий Александрович**

студент кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет

**Приходько Марина Геннадьевна**

старший преподаватель  
кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»  
института «Нефти, газа и энергетики»,  
Кубанский государственный технологический университет  
aniram-m03@mail.ru

**Аннотация.** В статье предложены мероприятия по предупреждению разливов нефти и нефтепродуктов, выявлены источники и причины возникновения аварий в нефтяной промышленности.

**Ключевые слова:** авария, разлив нефти, разгерметизация оборудования, трубопровод, резервуары хранения нефти, предупреждение аварий, техническое обслуживание.

\*\*\*\*\*

**Vavilova Vlada Vladimirovna**

Student of the Department «Equipment for Oil and Gas Fields»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Zogova Elizaveta Sergeevna**

Student of the Department «Equipment for Oil and Gas Fields»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Kazimagomedov Said Yarmetovich**

Student of the Department «Equipment for Oil and Gas Fields»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Butyanov Dmitry Alexandrovich**

Student of the Department «Equipment for Oil and Gas Fields»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Prikhodko Marina Gennadyevna**

Senior Lecturer 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 article proposes measures to prevent oil and oil products spills, identifies the sources and causes of accidents in the oil industry.

**Keywords:** accident, oil spill, equipment depressurization, pipeline, oil storage tanks, prevention of accidents, maintenance.

\*\*\*\*\*

**К**ак показывает практика, разливы, утечки нефти и нефтепродуктов, неизбежны при их добыче, переработки и транспортировке. Особую опасность представляют аварии на нефтепроводах.

Разлив нефти – это сброс сырой нефти, нефтепродуктов, смазочных материалов, смесей, содержащих нефть, и очищенных углеводородов в окружающую среду, произошедший в результате аварийной ситуации при добыче, транспортировке и хранении нефти. При аварийных разливах нефти и нефтепродуктов последствия могут быть очень разными: загрязнение реки водотоков, утечки больших объемов нефти. Основными источниками загрязнений являются добывающие предприятия, элементы системы перекачки и транспортировки нефти и нефтепродуктов, нефтяные терминалы и нефтебазы, трубопроводный, железнодорожный, морской способы транспортировки, а также нефтеналивные танкеры, автозаправочные комплексы, и станции компаний и другие объекты.

Чаще всего разливы нефти происходят во время транспортировки. Существует три основных способа транспортировки: трубопроводный, железнодорожный и морской. Из перечисленных способов трубопроводный считается наиболее экономичным, так нефть постоянно находится в движении. Самым дорогим и опасным является перевозка нефти и нефтепродуктов по железной дороге. Однако наибольшие потери нефти связаны третьим способом транспортировки – морским. Аварийные ситуации, слив за борт танкерами промысловых и балластных вод, – все это обуславливает присутствие постоянных полей загрязнения на трассах морских путей. Снимки поверхности Земли, сделанные со спутников, показывают, что уже почти 30 % поверхности океана покрыто нефтяной пленкой. Особенно загрязнены воды Средиземного моря, Атлантического океана. Кроме того, в связи с активизацией разработки, добычи на континентальном шельфе и транспортировки морем углеводородов резко возросла опасность аварий, связанных с большими разливами нефти. Риски аварийных разливов, например, на Балтике, оцениваются сейчас до 2500 т, на Черном море – до 3700 т, а при катастрофах танкеров эта цифра возрастет до десятков тысяч тонн, что обуславливает необходимость повышения уровня технического оснащения и профессиональной подготовленности соответствующих аварийно-спасательных служб.

В целях минимизации разливов нефти при авариях предусматриваются следующие основные технические и организационные мероприятия: система автоматизированного обнаружения утечек, установка на всех промежуточных станциях систем сглаживания волн давления, строительство защитных сооружений по трассе нефтепровода для защиты населенных пунктов от возможных разливов нефти. Мероприятия по ликвидации

аварийных разливов нефти считаются завершенными после обязательного выполнения следующих этапов: прекращение сброса нефти; сбор разлившейся нефти до максимально достижимого уровня; размещение собранной нефти для последующей утилизации.

Достижению минимизации ущерба объектам защиты кроме применения современных технических средств способствует и правильно выбранная тактика реагирования на нефтеразливы, которая должна обеспечивать: оперативность, эффективность, а также возможность утилизации собранной нефти и нефтепродуктов.

Учитывая все возможные источники и причины возникновения аварий в нефтяной промышленности, можно вовремя предупредить разлив нефти и нефтепродуктов, избежав нежелательных последствий.

### **Литература:**

1. Газораспределительные станции: назначение основных узлов и их эксплуатация / Д.А. Иноземцев [и др.] // В сборнике: материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – Т. 1. – С. 156–160.
2. Паранук А.А., Мамий С.А., Хрисониди В.А. Газоперекачивающие агрегаты. – Яблоновский, 2019. – С. 112–114.
3. Паранук А.А., Мамий С.А. Эксплуатация насосных и компрессорных станций. – Яблоновский, 2019. – С. 83–86.
4. Поляков А.В., Приходько М.Г., Ханюченко Н.Д. Использование инновационного метода для изготовления, прототипирования и ремонта нефтегазопромыслового оборудования // В сборнике: Наука. Новое поколение. Успех. Материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 162–166.
5. Обзор методов борьбы с коррозией / А.В. Поляков [и др.] // В сборнике: Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – Т. 1. – С. 293–296.
6. Физические основы оптических методов контроля / А.В. Поляков [и др.] // В сборнике: Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – Т. 2. – С. 80–83.

### **Literature:**

1. Gas distribution stations: the purpose of the main units and their operation / D.A. Inozemtsev [et al.] // In the collection: materials of the International Scientific and Practical Conference: in 3 volumes. – Krasnodar, 2020. – Vol. 1. – P. 156–160.
2. Paranuk A.A., Mamiy S.A., Chrysonides V.A. Gas pumping units. – Yablonovsky, 2019. – P. 112–114.
3. Paranuk A.A., Mamiy S.A. Operation of pumping and compressor stations. – Yablonovsky, 2019. – P. 83–86.
4. Polyakov A.V., Prikhodko M.G., Khanyuchenko N.D. Using an innovative method for the manufacture, prototyping and repair of oil and gas equipment // In the collection: Science. New generation. Success. Materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 volumes. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 162–166.
5. Review of corrosion control methods / A.V. Polyakov [et al.] // In the collection: Materials of the International Scientific and Practical Conference: in 3 volumes. – Krasnodar, 2020. – Vol. 1. – P. 293–296.
6. Physical foundations of optical control methods / A.V. Polyakov [et al.] // In the collection: Materials of the International Scientific and Practical Conference: in 3 volumes. – Krasnodar, 2020. – Vol. 2. – P. 80–83.

## ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО БОРЬБЕ С КОРРОЗИЕЙ В СКВАЖИНАХ МИРНЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

\*\*\*\*\*

## JUSTIFICATION OF MEASURES OF CORROSION CONTROL IN THE WELLS OF THE MIRNENSKOEGAS CONDENSATE FIELD

**Гиляев Г.Г.**

профессор,  
Институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Бурба О.Д.**

студент,  
Институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** В статье выполнен анализ основных причин коррозионных свойств скважинных флюидов и методов противодействия коррозионному разрушению оборудования. Рассмотрены особенности протекания процессов коррозии на Мирненском газоконденсатном месторождении. Приведены предложения касательно мероприятий по снижению коррозии.

**Ключевые слова:** коррозионные свойства, физико-химические свойства, защита от коррозии, растворенный газ, кислота, ингибитор.

\*\*\*\*\*

**Gilaev G.G.**

Professor,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Burba O.D.**

Student,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** The article analyzes the main causes of the corrosion properties of borehole fluids and methods of countering the corrosion destruction of equipment. The features of the corrosion processes at the Mirnenskoye gas condensate field are considered. Suggestions regarding measures to reduce corrosion are given.

**Keywords:** corrosion properties, physico-chemical properties, corrosion protection, dissolved gas, acid, inhibitor.

\*\*\*\*\*

### Introduction

**К**оррозионные свойства добываемой из скважины нефти, газа и воды определяются физико-химическими свойствами этих трех составляющих, в основном свойствами воды. Однако результирующая агрессивность этой сложной смеси во многом зависит от ряда внешних и внутренних факторов, связанных с конкретными условиями [1–12]. Так, при разработке газоконденсатных месторождений, содержащих в продукции агрессивные компоненты (углекислый газ, сероводород, органические кислоты), а также имеющих высокое содержание водного и углеводородного конденсата, повышенную температуру и давление, возникают различные виды коррозии оборудования [1–14].

## Materials and methods

В составе газа Мирненского месторождения из агрессивных компонентов присутствует коррозионно-активная двуокись углерода, которая в присутствии влаги в потоке газа может вызывать коррозионные процессы внутренней поверхности НКТ, газопроводов и оборудования [8–22]. Из-за высоких парциальных давлений  $\text{CO}_2$  сопутствующий добываемым флюидам водный конденсат представляет собой крепкий раствор угольной кислоты (со слабокислым рН). Накопление такого водного конденсата, например, в муфтовых зазорах НКТ, приводит к их быстрому разрушению. При этом промышленные газопроводы, в которых всегда присутствует влага, требуют дополнительных работ по определению коррозионных процессов для безаварийной их эксплуатации, то есть проведения дефектоскопии, учитывая большую продолжительность эксплуатации оборудования [4, 14, 16–25].

Проблема повышения долговечности насосно-компрессорных труб в скважинах, продукция которых содержит углекислый газ, решается несколькими путями, из которых наиболее рациональным являются:

- изготовление НКТ из коррозионностойких сталей и сплавов;
- нанесение на поверхность труб коррозионностойких покрытий;
- применение ингибиторов коррозии.

## Results

Исходя из опытов, проведенных на производстве, установлено, что использование ингибиторов коррозии является одним из наиболее эффективных методов в борьбе с коррозионным разрушением скважинного оборудования и трубопроводов. При этом фактическая эффективность ингибиторов коррозии должна быть не менее 90 %, т.е. должно быть достигнуто снижение скорости коррозии в 10 и более раз. В случае если эффективность ингибиторной защиты будет недостаточной, необходимо увеличить удельный расход ингибитора, закачать другой ингибитор или изменить периодичность обработки [25–30].

Испытания по подбору эффективного ингибитора коррозии проводятся в соответствии с СТО Газпром 9.3-011-2011, ГОСТ 9.506-87, ГОСТ 9.502-82. В таблице 1 приведен перечень марок эффективных ингибиторов [22–30].

**Таблица 1** – Перечень ингибиторов коррозии

Наименование	Производитель
NORUST-760	АО «Полиэкс»
Scimol WS 2921	ООО «МИРРИКО»
Кормастер-1045	ООО «Мастер кемикалз»
Кормастер-1055	
Prokor IPN	ООО «Прогрессивные решения»
Prokor GMA	
ИНКОРГАЗ-111	ООО «Инкоргаз»
ИНКОРГАЗ-112	
Сонкор 9020	ЗАО «Опытный завод НЕФТЕХИМ»
ХПК-002 Е	ЗАО «Кагалымский завод химреагентов»

## Conclusion

С учетом вышеизложенного, для усиления антикоррозионной защиты оборудования Мирненского месторождения рекомендуется:

- использовать по возможности скважинное оборудование для добычи нефти и промышленные трубопроводы, изготовленные из инновационных, высокоустойчивых к процессам коррозии конструкционных материалов;

– эксплуатировать оборудование для добычи и транспортировки углеводородов с предварительной подготовкой его к воздействию агрессивной среды, а именно – использовать методы пассивации металлов или нанесения внутренних и внешних защитных покрытий;

– при использовании ингибиторов коррозии можно достичь существенных результатов в замедлении процессов коррозии, а соответственно разрушения и выхода из строя эксплуатируемого оборудования; применение новейших составов ингибиторов поможет усилить показатели защиты в различных условиях.

Также стоит отметить, что для своевременного предупреждения коррозии рекомендуется провести исследования коррозионных процессов в термобарических условиях, аналогичных изменению давления и температуры по стволу скважины, и выполнить подбор эффективных методов защиты оборудования от коррозии.

### **Литература:**

1. Гилаев Г.Г. Развитие теории и практики добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на сложнопостроенных месторождениях: диссертация. – Тюмень, 2004.

2. Диагностирование глубинно-насосных скважин динамометрированием: монография / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Ижевск, 2008.

3. Гилаев Г.Г., Антониади Д.Г. Добыча нефти // Наземное и подземное оборудование. – Краснодар, 2003.

4. Гилаев Г.Г. Исследование и разработка комплекса технологий изоляции водопритоков при строительстве и эксплуатации скважин: диссертация. – Тюмень, 1999.

5. Выбор бурового раствора для резки бокового ствола / Г.Г. Гилаев [и др.] // Журнал «Бурение и нефть». – Краснодар, 2002.

6. Разработка нефтяных месторождений самарской области: от практики к стратегии / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство: Издательский дом «Нефть. Газ. Новации». – Самара, 2014.

7. Основные причины и методы предупреждения нарушения обсадных колонн при разработке пескопроявляющих продуктивных пластов / Г.Г. Гилаев [и др.] // Журнал: «Инженер-нефтяник», 2010.

8. Опыт проведения сейсморазведочных работ мотг-3d по методике slip-sweep / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное Хозяйство, 2013.

9. Методические основы планирования и управления ремонтом скважин / Г.Г. Гилаев [и др.]. – М. : Издательство ОАО «ВНИИОЭНГ», 2000.

10. Мониторинг качества проектных решений и оптимизации проектируемых сооружений объектов капитального строительства в нефтяной отрасли / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2015.

11. Гилаев Г.Г., Бурштейн М.А., Кошелев А.Т. Анализ динамики и причины пескований горизонтальных скважин пласта А4-8 Федоровского месторождения // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2003.

12. Гилаев Г.Г. Управление технологическими процессами по интенсификации добычи нефти // Нефтяное хозяйство, 2004.

13. Начало нового этапа в освоении месторождений высоковязких нефтей и природных битумов в России / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2011.

14. Комплексное решение проблем солеотложения в ООО «РН-Юганскнефтегаз» / Г.Г. Гилаев [и др.] // Научно-технический вестник ОАО «НК-Роснефть». – 2012.

15. Гилаев Г.Г. Развитие теории и практики добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на сложнопостроенных месторождениях: автореферат диссертации. – Тюмень, 2004.

16. Гилаев Г.Г., Горбунов В.В., Гень О.П. Внедрение новых технологий повышения эффективности работы скважин на месторождениях ОАО «НК «Роснефть»-Краснодарнефтегаз» // Нефтяное хозяйство, 2005.



17. Гилаев Г.Г., Кошелев А.Т. Об эффективности ремонтно-изоляционных работ в добывающих скважинах // Нефтепромысловое дело, 2003.
18. Проблемы предупреждения и ограничения пескопроявлений в нефтедобыче / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство: Всероссийский научно-исследовательский институт организации, управления и экономики нефтегазовой промышленности, 2004.
19. Гидроразрыв пласта в вертикальных и горизонтальных скважинах / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство: Ижевский институт компьютерных исследований – Ижевск, 2020.
20. Гилаев Г.Г. Методы борьбы с основными видами осложнений при эксплуатации скважин // Нефтяное хозяйство, 2020.
21. Гилаев Г.Г. Способы решения проблемы высокого затрубного давления, создаваемого попутным нефтяным газом, в скважинах, эксплуатирующихся УЭЦН // Ашировские чтения. – 2021.
22. Определение давления на пласт при пластическом течении материала горной породы / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2021.
23. Испытания сварных соединений из термически упрочненных сталей спиральношовных труб / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2021.
24. Гилаев Г.Г., Гилаев Г.Г., Хабибуллин М.Я. Основные аспекты использования кислотного геля для закачки проппанта во время работ по гидроразрыву пласта на карбонатных коллекторах в Волго-Уральском регионе // Научные труды НИПИ НЕФТЕГАЗ ГНКАР. – Краснодар, 2020.
25. Гилаев Г.Г., Хабибуллин М.Я. Повышение эффективности избирательной кислотной обработки скважин путем применения точечной гидропескоструйной перфорации // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021.
26. Основные подходы к подбору систем буровых растворов и технологии их применения для предупреждения осложнений в интервале залегания кошайских отложений на Самотлорском месторождении / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтепромысловое дело. – Самара, 2021.
27. Гидравлический разрыв пласта как инструмент разработки месторождений Самарской области / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное Хозяйство, 2014.
28. Пескопроявление в добывающих скважинах и нарушение обсадных колонн. Оценка закономерностей распределения пластовых, поровых давлений по разрезу скважин Сладковско-Морозовской группы месторождений / Г.Г. Гилаев [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010.
29. Выбор очередности и времени проведения геолого-технических мероприятий / Г.Г. Гилаев [и др.] // Журнал: «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море». – Краснодар, 2010.
30. СТО Газпром 2-1.19-075-2006. Методическое руководство. Химические реагенты для газовой промышленности. Экологические аспекты применения. – Введ. 14.07.2006. – М. : ИРЦ Газпром, 2006. – 82 с.
31. СТО Газпром 2-2.1-383-2009. Нормы проектирования промысловых трубопроводов. – Введ. 26.02.2010. – М. : Газпром экспо, 2010. – 134 с.
32. Рекомендации по закачке ингибиторов коррозии углекислотной в пласт скважин газоконденсатных месторождений Краснодарского края. – М. : ВНИИГАЗ, 1970. – 64 с.
33. Ингибиторная защита от коррозии промысловых объектов и трубопроводов. Основные требования [Текст]: СТО Газпром 9.3-011-2011: утв. и введен в действие распоряжением ОАО «Газпром» от 15 декабря 2010 г. № 494. – М. : Издание официальное, 2011.

34. Методика лабораторных испытаний ингибиторов коррозии для оборудования добычи, транспортировки и переработки коррозионно-активного газа [Текст]: СТО Газпром 9.3-007-2010; утв. и введен. в действие распоряжением ОАО «Газпром» от 19 сентября 2010 № 291. – М. : Издание официальное, 2010.

35. Технологический проект разработки Мирненского газоконденсатного месторождения: отчет СевКавНИПИгаз; рук. Л.А. Ильченко; исполн. Т.В. Гилеб. – Ставрополь, 2013. – 441 с.

#### **Literature:**

1. Gilayev G.G. Development of theory and practice of hard to recover hydrocarbon reserves extraction at complexly constructed fields: dissertation. – Tyumen, 2004.

2. Diagnostics of deep pumping wells by dynamometer: monograph / G.G. Gilayev [et al.]. – Izhevsk, 2008.

3. Gilayev G.G., Antoniadi D.G. Extraction of oil // Ground and underground equipment. – Krasnodar, 2003.

4. Gilayev G.G. Research and development of complex technologies of water shut off during construction and operation of wells: dissertation. – Tyumen, 1999.

5. Choice of drilling mud for sidetracking / G.G. Gilayev [et al.] // Journal of Drilling and Oil. – Krasnodar, 2002.

6. Development of Samara oblast oil deposits: from practice to strategy / G.G. Gilayev [et al.] // Publishing house «Oil. Gas. Innovations». – Samara, 2014.

7. The main causes and methods of prevention of casing failure in the development of sandproducing formations / G.G. Gilayev [et al.] // Journal: «Engineer-Neftyanik», 2010.

8. Experience of seismic works milt–3d by slip–sweep technique / G.G. Gilayev [et al.] // Neftyanoye Khozyaistvo, 2013.

9. Methodological bases of planning and management of well repair / G.G. Gilayev [et al.]. – М. : Publishing house of VNIIOENG, 2000.

10. Monitoring of the quality of design solutions and optimization of designed facilities of capital construction in the oil industry / G.G. Gilayev [et al.] // Neftyanoye upravlenie, 2015.

11. Gilayev G.G., Burshtein M.A., Koshelev A.T. Analysis of dynamics and reasons of sanding of horizontal wells in formation A4-8 of Fedorovskoye field // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2003.

12. Gilayev G.G. Management of technological processes on intensification of oil production // Oil economy, 2004.

13. The beginning of a new stage in development of high-viscosity oil and natural bitumens in Russia / G.G. Gilayev [et al.] // Oil economy, 2011.

14. Comprehensive solution of the problems of scaling in LLC RN-Yuganskneftegaz / G.G. Gilayev [et al.] // Scientific and Technical Bulletin of OJSC «NK-Rosneft». – 2012.

15. Gilayev G.G. Development of the theory and practice of hard to recover hydrocarbon reserves at the complexly constructed fields: dissertation abstract. – Tyumen, 2004.

16. Gilayev G.G., Gorbunov V.V., Gen O.P. Introduction of new technologies of well operation efficiency increasing in oilfields of OAO NK Rosneft Krasnodarneftegaz // Oil sector, 2005.

17. Gilayev G.G., Koshelev A.T. About efficiency of repairisolation operations in producing wells // Oilfield operations, 2003.

18. Prevention and limitation of sand occurrences in oil production / G.G. Gilayev [et al.] // Publishing house: All-Russian scientific research institute of organization, management and economy of oil and gas industry, 2004.

19. Hydraulic Fracturing in Vertical and Horizontal Wells / G.G. Gilaev [et al.] // Publisher: Izhevsk Institute of Computer Research – Izhevsk, 2020.
20. Gilaev G.G. Methods to combat the main types of complications in the operation of wells // Oil Economy, 2020.
21. Gilaev G.G. Ways to solve the problem of high underbalanced pressure created by associated petroleum gas in wells operated by ESPs // Ashirov readings. – 2021.
22. Determination of formation pressure during the plastic flow of rock material / G.G. Gilaev [et al.] // Publishing house: Ufa State Petroleum Technological University, 2021.
23. Tests of welded joints of thermally hardened steels of spiral welded pipes / G.G. Gilaev [et al.] // Publishing house: Ufa State Petroleum Technological University, 2021.
24. Gilaev G.G., Gilaev G., Khabibullin M.Y. Main aspects of using acid gel for proppant injection during hydraulic fracturing operations in carbonate reservoirs in the Volga-Ural region // Scientific Proceedings of NIPI NEFTEGAZ GNKAR. – Krasnodar, 2020.
25. Gilaev G.G., Khabibullin M.Y. Increasing the efficiency of selective acid treatment of wells through the use of point hydro-sand perforation // Proceedings of the Tomsk Polytechnic University. Engineering of georesources. – 2021.
26. Basic approaches to the selection of drilling mud systems and technology of their use to prevent complications in the interval of Koshaya deposits at Samotlorskoye field / G.G. Gilaev [et al.]. – Samara, 2021.
27. Hydraulic fracturing as a tool for development of the Samara region fields / G.G. Gilaev [et al.] // Neftyanoye Khozyaistvo, 2014.
28. Sanding in production wells and casing violation. Assessment of patterns of reservoir, pore pressure distribution along the section of wells of Sladkovsko-Morozovskaya group of fields / G.G. Gilaev [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2010.
29. Choice of sequence and timing of geological and technical measures / G.G. Gilaev [et al.] // Journal: «Construction of oil and gas wells on land and at sea». – Krasnodar, 2010.
30. STO Gazprom 2-1.19-075-2006. Methodical Guide. Chemical reagents for the gas industry. Ecological aspects of application. – 14.07.2006. – M. : Gazprom Research and Development Center, 2006. – 82 p.
31. STO Gazprom 2-2.1-383-2009. Norms of designing of field pipelines. – Introduced on 26.02.2010. – M. : Gazprom expo, 2010. – 134 p.
32. Recommendations on Injection of Carbonic Acid Corrosion Inhibitors into Boreholes of Gas Condensate Fields in Krasnodar Region. – M. : VNIIGAS, 1970. – 64 p.
33. Inhibitor corrosion protection of field facilities and pipelines. Main requirements [Text]: STO Gazprom 9.3-011-2011: Approved and put into effect by Order No.494 of OAO Gazprom dated December 15, 2010. – M. : Official edition, 2011.
34. Methods of laboratory tests for corrosion inhibitors for corrosive gas production, transportation and processing equipment [Text]: STO Gazprom 9.3-007-2010; Approved and brought into force by Order of OAO Gazprom of September 19, 2010 № 291. – M. : Official edition, 2010.
35. Technological Project of Mirny Gas Condensate Field Development: Report by SevKavNIPIgaz. L.A. Ilchenko; executor. T.V. Gileb. – Stavropol, 2013. – 441 p.

**ПОИСК ЭФФЕКТИВНОЙ СТРАТЕГИИ РАЗРАБОТКИ  
ГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ С НЕФТЯНОЙ ОТОРОЧКОЙ  
НА ЧАЯНДИНСКОМ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОМ  
МЕСТОРОЖДЕНИИ**

\*\*\*\*\*

**SEARCH FOR AN EFFECTIVE STRATEGY FOR  
THE DEVELOPMENT OF GAS DEPOSITS WITH AN OIL RIM AT  
THE CHAYANDINSKY OIL AND GAS CONDENSATE FIELD**

**Гиляев Г.Г.**

профессор,  
институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Бурба О.Д.**

студент,  
институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** В статье выполнен анализ основных проблем, которые возникают при введении в разработку промышленно значимых нефтяных оторочек газовых и газоконденсатных месторождений. Рассмотрены особенности разработки нефтяных оторочек залежей Чайандинского нефтегазоконденсатного месторождения. Приведены предложения касательно мероприятий по повышению эффективности разработки данных объектов.

**Ключевые слова:** нефтяная оторочка, фильтрационно-емкостные свойства, горизонтальный ствол скважины, газовая залежь, геологическое строение.

\*\*\*\*\*

**Gilayev G.G.**

Professor,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Burba O.D.**

Student,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** The article analyzes the main problems that arise during the development of industrially significant oil rims of gas and gas condensate fields. The oil rims development features on the deposits of the Chayandinsky oil and gas condensate field are considered. Suggestions are given regarding measures to improve the efficiency of the development of these objects.

**Keywords:** oil rim, filtration and capacitance properties, horizontal borehole, gas deposit, geological structure.

\*\*\*\*\*

**Introduction**

**К**лючевые проблемы разработки нефтяных оторочек связаны с геологическими, технологическими и экономическими аспектами [1–12]. К основным геологическим аспектам относятся:

– сложное концептуальное строение пластов (клиноформное, циклитное, блочное) и, как следствие, вариация флюидалных газонефтяных (ГНК) / водонефтяных

(ВНК) контактов в разрезе и по площади, а также трудности с прогнозированием контактов в неразбуренных зонах;

- неподтверждение результатов испытаний разведочных скважин и ГНК/ВНК;
- неоднозначность интерпретации типа насыщения по данным геофизических исследований скважин (ГИС);
- снижение фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) под воздействием вторичных процессов преобразования коллектора.

Главным осложняющим фактором является геологическое строение объектов. Так, на Чаяндинском месторождении основные запасы сосредоточены в пластах, сформированных в речных и дельтовых условиях, что обуславливает высокую латеральную и вертикальную неоднородность [1–14].

#### **Material sand methods**

Основным фактором, влияющим на успешность бурения проектных скважин, является принадлежность к фациальной обстановке. Благодаря комплексному анализу сейсмических, седиментологических и петрофизических данных на сегодняшний день удаётся успешно спрогнозировать распространение фаций по площади пласта [8–22]. Другим немаловажным геологическим фактором является влияние вторичных процессов преобразования коллектора. Кроме того, цеолитизация коллектора влияет на значения электрического сопротивления, поэтому интерпретация насыщения по данным ГИС и определение граничных значений могут вызывать существенные трудности. Для минимизации этого негативного эффекта используют буровые растворы на углеводородной основе [4, 14, 16–25].

#### **Results**

В процессе многовариантных расчетов по выбору оптимальных параметров системы разработки месторождения были определены различные типы заканчивания скважин, систем разработки и режимов эксплуатации скважин. Принцип разделения месторождения на зоны позволил провести оптимизацию системы разработки индивидуально для каждого участка месторождения. Для пластов группы НП была принята рядная система разработки горизонтальными скважинами с длиной ствола 1000–1500 м с поддержанием пластового давления путем обратной закачки пластовой воды [25–30].

Анализ эффективности бурения скважин показывает, что многозабойные скважины дают возможность вовлечь в разработку участки залежей меньшим числом скважин, что в свою очередь позволит снизить объем капитальных вложений, необходимых для разработки месторождения [22–30].

#### **Conclusion**

С учетом вышеизложенного, для повышения эффективности разработки нефтяных оторочек залежей Чаяндинского месторождения рекомендуется:

- учитывать при проектировании разработки основные геологические особенности распределения коллекторских свойств объектов, в том числе принадлежность к фациальной обстановке и влияние вторичных процессов преобразования коллектора;
- уточнять геологическую информацию на старте проекта и проводить повторные испытания пробуренных разведочных скважин;
- использовать при разработке многозабойные горизонтальные скважины с удлиненными горизонтальными участками стволов, что даёт возможность вовлечь в разработку участки залежей меньшим числом скважин.

Нефтяные оторочки являются одним из наиболее сложных объектов с точки зрения разработки. Массивные газовые шапки и подстилающая вода существенно осложняют освоение залежей и предъявляют более высокие требования к формированию оптимальной стратегии разработки. Опыт решения оптимизационных, технических и технологических задач на месторождении при выборе оптимальной стратегии разработки будет востребован при дальнейшем освоении новых месторождений во всех регионах нефтедобычи, где имеются месторождения с нефтяными оторочками.

### Литература:

1. Гилаев Г.Г. Развитие теории и практики добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на сложнопостроенных месторождениях: диссертация. – Тюмень, 2004.
2. Диагностирование глубинно-насосных скважин динамометрированием: монография / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Ижевск, 2008.
3. Гилаев Г.Г., Антониади Д.Г. Добыча нефти. Наземное и подземное оборудование. – Краснодар, 2003.
4. Гилаев Г.Г. Исследование и разработка комплекса технологий изоляции водопритоков при строительстве и эксплуатации скважин: диссертация. – Тюмень, 1999.
5. Выбор бурового раствора для зарезки бокового ствола / Г.Г. Гилаев [и др.] // Журнал «Бурение и нефть». – Краснодар, 2002.
6. Разработка нефтяных месторождений самарской области: от практики к стратегии / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство: Издательский дом «Нефть. Газ. Новации». – Самара, 2014.
7. Основные причины и методы предупреждения нарушения обсадных колонн при разработке пескопроявляющих продуктивных пластов / Г.Г. Гилаев [и др.] // Журнал: «Инженер-нефтяник». – 2010.
8. Опыт проведения сейсморазведочных работ мотг-3d по методике slip-sweep / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное Хозяйство, 2013.
9. Методические основы планирования и управления ремонтом скважин / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство ОАО «ВНИИОЭНГ». – М., 2000.
10. Мониторинг качества проектных решений и оптимизации проектируемых сооружений объектов капитального строительства в нефтяной отрасли / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2015.
11. Гилаев Г.Г., Бурштейн М.А., Кошелев А.Т. Анализ динамики и причины песководаний горизонтальных скважин пласта А4-8 Федоровского месторождения // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2003.
12. Гилаев Г.Г. Управление технологическими процессами по интенсификации добычи нефти // Нефтяное хозяйство, 2004.
13. Начало нового этапа в освоении месторождений высоковязких нефтей и природных битумов в России / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2011.
14. Комплексное решение проблем солеотложения в ООО «РН-Юганскнефтегаз» / Г.Г. Гилаев [и др.] // Научно-технический вестник ОАО «НК-Роснефть». – 2012.
15. Гилаев Г.Г. Развитие теории и практики добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на сложнопостроенных месторождениях: автореферат диссертации. – Тюмень, 2004.
16. Гилаев Г.Г., Горбунов В.В., Генъ О.П. Внедрение новых технологий повышения эффективности работы скважин на месторождениях ОАО «НК «Роснефть»-Краснодарнефтегаз» // Нефтяное хозяйство, 2005.
17. Гилаев Г.Г., Кошелев А.Т. Об эффективности ремонтно-изоляционных работ в добывающих скважинах // Нефтепромысловое дело, 2003.
18. Проблемы предупреждения и ограничения пескопроявлений в нефтедобыче / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство: Всероссийский научно-исследовательский институт организации, управления и экономики нефтегазовой промышленности, 2004.
19. Гидроразрыв пласта в вертикальных и горизонтальных скважинах / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство: Ижевский институт компьютерных исследований. – Ижевск, 2020.
20. Гилаев Г.Г. Методы борьбы с основными видами осложнений при эксплуатации скважин // Нефтяное хозяйство, 2020.
21. Гилаев Г.Г. Способы решения проблемы высокого затрубного давления, создаваемого попутным нефтяным газом, в скважинах, эксплуатирующихся УЭЦН // Ашировские чтения. – 2021.

22. Определение давления на пласт при пластическом течении материала горной породы / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2021.
23. Испытания сварных соединений из термически упрочненных сталей спиральношовных труб / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2021.
24. Гилаев Г.Г., Гилаев Г.Г., Хабибуллин М.Я. Основные аспекты использования кислотного геля для закачки проппанта во время работ по гидроразрыву пласта на карбонатных коллекторах в Волго-Уральском регионе // Научные труды НИПИ НЕФТЕГАЗ ГНКАР. – Краснодар, 2020.
25. Гилаев Г.Г., Хабибуллин М.Я. Повышение эффективности избирательной кислотной обработки скважин путем применения точечной гидропескоструйной перфорации // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021.
26. Основные подходы к подбору систем буровых растворов и технологии их применения для предупреждения осложнений в интервале залегания кошайских отложений на Самотлорском месторождении / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтепромысловое дело. – Самара, 2021.
27. Гидравлический разрыв пласта как инструмент разработки месторождений Самарской области / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное Хозяйство, 2014.
28. Пескопроявление в добывающих скважинах и нарушение обсадных колонн. Оценка закономерностей распределения пластовых, поровых давлений по разрезу скважин Сладковско-Морозовской группы месторождений / Г.Г. Гилаев [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010.
29. Выбор очередности и времени проведения геолого-технических мероприятий / Г.Г. Гилаев [и др.] // Журнал: «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море». – Краснодар, 2010.
30. Проектная документация на строительство разведочных скважин №№ 321-58, 321-65, 321-68, 321-75, 321-78, 321-82 на Чайядинском НГКМ – Раздел 1 «Пояснительная записка». – Ухта : ОАО «Газпром», ООО «НИИ Природных Газов и Газовых Технологий – Газпром ВНИИГАЗ» филиал в г. Ухта, 2013. – 48 с.
31. Берзин А.Г., Рудых И.В., Берзин С.А. Особенности формирования многопластовых залежей углеводородов месторождений Непско-Ботуобинской антеклизы // Геология нефти и газа. – 2006. – № 5. – С. 14–21.
32. Проектная документация на строительство разведочных скважин №№ 321-58, 321-65, 321-68, 321-75, 321-78, 321-82 на Чайядинском НГКМ – Раздел 5 «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений». – Ухта : ОАО «Газпром», ООО «НИИ Природных Газов и Газовых Технологий – Газпром ВНИИГАЗ» филиал в г. Ухта, 2013. – 182 с.
33. Бурова И.А. Карбонатные коллекторы вендско-нижнекембрийского нефтегазоносного комплекса Восточной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2010. – № 2. – С. 1–17.
34. Березин А.Г., Рудых И.В. О строении и формировании залежей нефтидов на Чайядинском и Талаканском месторождениях // Научка образование. – 2005. – № 4. – С. 58–64.
35. Тойб Р.Р., Милосердов Е.Е., Никитенко В.Ю. Техника и технология бурения нефтяных и газовых скважин: учеб. метод. пособие. – Красноярск : СФУ ИНИГ, 2014. – 61 с.
36. Проект пробной эксплуатации единичных разведочных скважин №№ 321-14, 321-07, 321-21 Чайядинского НГКМ. Отчет ООО «Газпром ВНИИГАЗ». – М., 2010.

### **Literature:**

1. Gilayev G.G. Development of theory and practice of hard to recover hydrocarbon reserves extraction at complexly constructed fields: dissertation. – Tyumen, 2004.
2. Diagnostics of deep pumping wells by dynamometer: monograph / G.G. Gilayev [et al.]. – Izhevsk, 2008.
3. Gilayev G.G., Antoniadi D.G. Extraction of oil // Ground and underground equipment. – Krasnodar, 2003.
4. Gilayev G.G. Research and development of complex technologies of water shut off during construction and operation of wells: dissertation. – Tyumen, 1999.
5. Choice of drilling mud for sidetracking / G.G. Gilayev [et al.] // Journal of Drilling and Oil. – Krasnodar, 2002.
6. Development of Samara oblast oil deposits: from practice to strategy / G.G. Gilayev [et al.] // Publishing house «Oil. Gas. Innovations». – Samara, 2014.
7. The main causes and methods of prevention of casing failure in the development of sandproducing formations / G.G. Gilayev [et al.] // Journal: «Engineer-Neftyanik», 2010.
8. Experience of seismic works milt–3d by slip–sweep technique / G.G. Gilayev [et al.] // Neftyanoye Khozyaistvo, 2013.
9. Methodological bases of planning and management of well repair / G.G. Gilayev [et al.]. – M. : Publishing house of VNIIOENG, 2000.
10. Monitoring of the quality of design solutions and optimization of designed facilities of capital construction in the oil industry / G.G. Gilayev [et al.] // Neftyanoye upravlenie, 2015.
11. Gilayev G.G., Burshtein M.A., Koshelev A.T. Analysis of dynamics and reasons of sanding of horizontal wells in formation A4-8 of Fedorovskoye field // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2003.
12. Gilayev G.G. Management of technological processes on intensification of oil production // Oil economy, 2004.
13. The beginning of a new stage in development of high-viscosity oil and natural bitumens in Russia / G.G. Gilayev [et al.] // Oil economy, 2011.
14. Comprehensive solution of the problems of scaling in LLC RN-Yuganskneftegaz / G.G. Gilayev [et al.] // Scientific and Technical Bulletin of OJSC «NK-Rosneft». – 2012.
15. Gilayev G.G. Development of the theory and practice of hard to recover hydrocarbon reserves at the complexly constructed fields: dissertation abstract. – Tyumen, 2004.
16. Gilayev G.G., Gorbunov V.V., Gen O.P. Introduction of new technologies of well operation efficiency increasing in oilfields of OAO NK Rosneft Krasnodarneftegaz // Oil sector, 2005.
17. Gilayev G.G., Koshelev A.T. About efficiency of repairisolation operations in producing wells // Oilfield operations, 2003.
18. Prevention and limitation of sand occurrences in oil production / G.G. Gilayev [et al.] // Publishing house: All-Russian scientific research institute of organization, management and economy of oil and gas industry, 2004.
19. Hydraulic Fracturing in Vertical and Horizontal Wells / G.G. Gilayev [et al.] // Publisher: Izhevsk Institute of Computer Research – Izhevsk, 2020.
20. Gilayev G.G. Methods to combat the main types of complications in the operation of wells // Oil Economy, 2020.
21. Gilayev G.G. Ways to solve the problem of high underbalanced pressure created by associated petroleum gas in wells operated by ESPs // Ashirov readings. – 2021.
22. Determination of formation pressure during the plastic flow of rock material / G.G. Gilayev [et al.] // Publishing house: Ufa State Petroleum Technological University, 2021.
23. Tests of welded joints of thermally hardened steels of spiral welded pipes / G.G. Gilayev [et al.] // Publishing house: Ufa State Petroleum Technological University, 2021.



24. Gilaev G.G., Gilaev G., Khabibullin M.Y. Main aspects of using acid gel for proppant injection during hydraulic fracturing operations in carbonate reservoirs in the Volga-Ural region // Scientific Proceedings of NIPi NEFTEGAZ GNKAR. – Krasnodar, 2020.
25. Gilaev G.G., Khabibullin M.Y. Increasing the efficiency of selective acid treatment of wells through the use of point hydro-sand perforation // Proceedings of the Tomsk Polytechnic University. Engineering of georesources. – 2021.
26. Basic approaches to the selection of drilling mud systems and technology of their use to prevent complications in the interval of Koshaya deposits at Samotlorskoye field / G.G. Gilaev [et al.]. – Samara, 2021.
27. Hydraulic fracturing as a tool for development of the Samara region fields / G.G. Gilaev [et al.] // Neftyanoye Khozyaistvo, 2014.
28. Sanding in production wells and casing violation. Assessment of patterns of reservoir, pore pressure distribution along the section of wells of Sladkovsko-Morozovskaya group of fields / G.G. Gilaev [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2010.
29. Choice of sequence and timing of geological and technical measures / G.G. Gilaev [et al.] // Journal: «Construction of oil and gas wells on land and at sea». – Krasnodar, 2010.
30. STO Gazprom 2-1.19-075-2006. Methodical Guide. Chemical reagents for the gas industry. Ecological aspects of application. – 14.07.2006. – M. : Gazprom Research and Development Center, 2006. – 82 p.
31. Berzin A.G., Rudykh I.V., Berzin S.A. Features of formation of multilayer hydrocarbon deposits of the Nepsko-Botuobinskaya anticline fields // Geology of Oil and Gas. – 2006. – № 5. – P. 14–21.
32. Design Documentation for Construction of Research Wells Nos. 321-58, 321-65, 321-68, 321-75, 321-78, 321-82 at Chayanda OGCF – Section 5 «Information on Engineering Equipment, on Engineering Service Networks, List of Engineering Measures, Content of Technical Solutions». – Ukhta : OAO «Gazprom», OOO «Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ» branch in Ukhta, 2013. – 182 p.
33. Burova I.A. Carbonate reservoirs of the Vendian-Lower Cambrian oil-and-gas bearing complex of Eastern Siberia // Oil and Gas Geology. Theory and Practice. – 2010. – № 2. – P. 1–17.
34. Berezin A.G., Rudykh I.V. On the structure and formation of naphthide deposits at the Chayanda and Talakan fields // Nauka i obrazovanie. – 2005. – № 4. – P. 58–64.
35. Toib R.R., Miloserdov E.E., Nikitenko V.Y. Technique and technology of oil and gas wells drilling: manual. – Krasnoyarsk : SFU IN&G, 2014. – 61 p.
36. Project of trial operation of single exploration wells № 321-14, 321-07, 321-21 of the Chayanda OGCF. Report of Gazprom VNIIGAZ LLC. – M., 2010.

**АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ТЕХНОЛОГИИ  
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОБЪЕКТОВ  
ПРИБОБСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

\*\*\*\*\*

**ANALYSIS OF THE PHYSICAL ASPECTS OF THE FORMATION  
IMPACT TECHNOLOGY DURING THE DEVELOPMENT  
OF THE PRIBOBSKOYE OIL FIELD OBJECTS**

**Гиляев Г.Г.**

профессор,  
институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Бурба О.Д.**

студент,  
институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** В статье выполнен анализ основных способов воздействия на пласты-коллекторы, которые используются для повышения эффективности процесса разработки. Рассмотрены особенности применения различных методов на объектах Приобского нефтяного месторождения. Приведены рекомендации касательно наиболее эффективных мероприятий.

**Ключевые слова:** воздействие на пласт, рабочий агент, заводнение, физико-химические методы воздействия, геолого-физические характеристики.

\*\*\*\*\*

**Gilaev G.G.**

Professor,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Burba O.D.**

Student,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** The article analyzes the main ways of influencing reservoir formations, which are used to increase the efficiency of the development process. The features of the application of various methods at the facilities of the Priobskoye oil field are considered. Recommendations regarding the most effective measures are given.

**Keywords:** impact on the formation, working agent, flooding, physico-chemical methods of exposure, geological and physical characteristics.

\*\*\*\*\*

**Introduction**

**В** отечественной и зарубежной практике разработки нефтяных месторождений широко используются различные методы воздействия на пласт, различающиеся механизмами воздействия на пласты и используемыми рабочими агентами [1–12]. Наиболее распространенными методами воздействия являются заводнение (включая различные гидродинамические методы воздействия), газовые методы, тепловые методы, а также микробиологическое воздействие [1–14].

### **Material sand methods**

Перечисленные выше методы воздействия на пласт имеют многочисленные модификации и, в своей основе, базируются на огромном наборе составов используемых рабочих агентов. Поэтому при анализе существующих методов воздействия имеет смысл, в первую очередь, использовать опыт разработки месторождений Западной Сибири, а также месторождений других регионов с аналогичными Приобскому месторождению свойствами коллекторов (в первую очередь низкую проницаемость коллекторов) и пластовых флюидов [8–22]. Основными геолого-физическими характеристиками Приобского месторождения для оценки применимости различных методов воздействия являются:

- глубина продуктивных пластов от 2400 до 2600 м;
- залежи литологически экранированные, естественный режим – упругий замкнутый;
- толщина пластов АС<sub>10</sub>, АС<sub>11</sub> и АС<sub>12</sub> соответственно до 20,6; 42,6 и 40,6 м;
- начальное пластовое давление от 23,5 до 25 МПа;
- пластовая температура – 88–90 °С;
- низкая проницаемость коллекторов, средние значения по результатам исследования керна – по пластам АС<sub>10</sub>, АС<sub>11</sub> и АС<sub>12</sub> соответственно 15,4, 25,8, 2,4 мД. ;
- высокая латеральная и вертикальная неоднородность пластов;
- плотность пластовой нефти от 780 до 800 кг/м<sup>3</sup>;
- вязкость пластовой нефти от 1,4 до 1,6 мПа·с;
- давление насыщения нефти от 9 до 11 МПа [4, 14, 16–25].

### **Results**

Сопоставляя представленные данные с известными критериями эффективного применения методов воздействия на пласт можно отметить, что, даже без детального анализа, из перечисленных выше методов для Приобского месторождения могут быть исключены: тепловые методы и полимерное заводнение (как метод вытеснения нефти из пластов). Тепловые методы применяются для залежей с высоковязкими нефтями и на глубинах от 1500 до 1700 м. Полимерное заводнение предпочтительно использовать в пластах проницаемостью более 0,1 мкм<sup>2</sup> для вытеснения нефти с вязкостью от 10 до 100 мПа·с и при температуре до 90 °С (для более высоких температур применяются дорогостоящие, специальные по составам полимеры) [25–30].

Заводнение – наиболее распространенный способ воздействия на пласты нефтяных месторождений. К настоящему времени накоплен огромный опыт разработки нефтяных месторождений при осуществлении на них различных видов заводнения. Достоинства и недостатки данного метода достаточно подробно освещены в литературе [22–30].

### **Conclusion**

С учетом вышеизложенного, для повышения эффективности воздействия на залежи Приобского месторождения рекомендуется:

- использовать соответствующие технологические решения: оптимальные сетки скважин и технологические режимы эксплуатации скважин;
- нагнетать в пласты воды необходимого типа и состава, проводить её соответствующую механическую, химическую и биологическую очистку, а также добавлять в воду специальные компоненты;
- избегать создания условий для формирования трещин авто-ГРП в зоне работы нагнетательных скважин.

Для Приобского месторождения заводнение следует рассматривать в качестве основного метода воздействия. Опыт разработки отечественных и зарубежных месторождений показывает, что заводнение оказывается довольно эффективным методом воздействия на низкопроницаемые коллектора при строгом соблюдении необходимых требований к технологии его осуществления.

### **Литература:**

1. Гилаев Г.Г., Гилаев Г.Г., Хабибуллин М.Я. Основные аспекты использования кислотного геля для закачки пропанта во время работ по гидроразрыву пласта на карбонатных коллекторах в Волго-Уральском регионе // Научные труды НИПИ НЕФТЕГАЗ ГНКАР. – Краснодар, 2020.
2. Гилаев Г.Г., Хабибуллин М.Я. Повышение эффективности избирательной кислотной обработки скважин путем применения точечной гидропескоструйной перфорации // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021.
3. Основные подходы к подбору систем буровых растворов и технологии их применения для предупреждения осложнений в интервале залегания кошайских отложений на Самотлорском месторождении / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтепромысловое дело. – Самара, 2021.
4. Гидравлический разрыв пласта как инструмент разработки месторождений Самарской области / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное Хозяйство, 2014.
5. Пескопроявление в добывающих скважинах и нарушение обсадных колонн. Оценка закономерностей распределения пластовых, поровых давлений по разрезу скважин Сладковско-Морозовской группы месторождений / Г.Г. Гилаев [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010.
6. Выбор очередности и времени проведения геолого-технических мероприятий / Г.Г. Гилаев [и др.] // Журнал: «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море». – Краснодар, 2010.
7. Гилаев Г.Г. Развитие теории и практики добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на сложнопостроенных месторождениях: диссертация. – Тюмень, 2004.
8. Диагностирование глубинно-насосных скважин динамометрированием: монография / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Ижевск, 2008.
9. Гилаев Г.Г., Антониади Д.Г. Добыча нефти. Наземное и подземное оборудование. – Краснодар, 2003.
10. Гилаев Г.Г. Исследование и разработка комплекса технологий изоляции водопритоков при строительстве и эксплуатации скважин: диссертация. – Тюмень, 1999.
11. Выбор бурового раствора для зарезки бокового ствола / Г.Г. Гилаев [и др.] // Журнал «Бурение и нефть». – Краснодар, 2002.
12. Разработка нефтяных месторождений самарской области: от практики к стратегии / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство: Издательский дом «Нефть. Газ. Новации». – Самара, 2014.
13. Основные причины и методы предупреждения нарушения обсадных колонн при разработке пескопроявляющих продуктивных пластов / Г.Г. Гилаев [и др.] // Журнал: «Инженер-нефтяник». – 2010.
14. Опыт проведения сейсморазведочных работ мого-3d по методике slip-sweep / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное Хозяйство, 2013.
15. Методические основы планирования и управления ремонтом скважин / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство ОАО «ВНИИОЭНГ». – М., 2000.
16. Мониторинг качества проектных решений и оптимизации проектируемых сооружений объектов капитального строительства в нефтяной отрасли / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2015.
17. Гилаев Г.Г., Бурштейн М.А., Кошелев А.Т. Анализ динамики и причины пескований горизонтальных скважин пласта А4-8 Федоровского месторождения // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2003.
18. Гилаев Г.Г. Управление технологическими процессами по интенсификации добычи нефти // Нефтяное хозяйство, 2004.

19. Начало нового этапа в освоении месторождений высоковязких нефтей и природных битумов в России / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2011.
20. Комплексное решение проблем солеотложения в ООО «РН-Юганскнефтегаз» / Г.Г. Гилаев [и др.] // Научно-технический вестник ОАО «НК-Роснефть», 2012.
21. Гилаев Г.Г. Развитие теории и практики добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на сложнопостроенных месторождениях : автореферат диссертации. – Тюмень, 2004.
22. Гилаев Г.Г., Горбунов В.В., Гень О.П. Внедрение новых технологий повышения эффективности работы скважин на месторождениях ОАО «НК «Роснефть»-Краснодарнефтегаз» // Нефтяное хозяйство, 2005.
23. Гилаев Г.Г., Кошелев А.Т. Об эффективности ремонтно-изоляционных работ в добывающих скважинах // Нефтепромысловое дело, 2003.
24. Проблемы предупреждения и ограничения пескопроявлений в нефтедобыче / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство: Всероссийский научно-исследовательский институт организации, управления и экономики нефтегазовой промышленности, 2004.
25. Гидроразрыв пласта в вертикальных и горизонтальных скважинах / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство: Ижевский институт компьютерных исследований. – Ижевск, 2020.
26. Гилаев Г.Г. Методы борьбы с основными видами осложнений при эксплуатации скважин // Нефтяное хозяйство, 2020.
27. Гилаев Г.Г. Способы решения проблемы высокого затрубного давления, создаваемого попутным нефтяным газом, в скважинах, эксплуатирующихся УЭЦН // Ашировские чтения. – 2021.
28. Определение давления на пласт при пластическом течении материала горной породы / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2021.
29. Испытания сварных соединений из термически упроченных сталей спиральношовных труб / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2021.
30. «Технологическая схема разработки Приобского месторождения» (протокол ЦКР № 4819 от от 24.12.2014 г.).
31. «Проект пробной эксплуатации Верхне-Шапшинского месторождения» (протокол ТО ЦКР по ХМАО №454 от 24.12.2003 г.).
32. Приобская нефтеносная зона Западной Сибири: Системно-литмологический аспект / С.В. Ершов [и др.] ; Науч. ред. акад. А.А. Трофимук. – Новосибирск : Издательство «СО РАН. НИЦ ОИГГМ», 1996. – 252 с.
33. Проект пробной эксплуатации Приобского месторождения / А.Н. Янин [и др.]. – Тюмень : СибНИИ НП, 1986.
34. Комплексная технологическая схема разработки Приобского месторождения // Этап 1. Программа работ по скважинам правобережной части Приобского месторождения / АООТ «СибНИИ НП», ТОО «ТЭРМ». – Тюмень, 1996.
35. Дополнение к технологической схеме опытно-промышленной эксплуатации Левобережной части Приобского месторождения, включая пойменный участок № 4 / СибНИИ НП, 1997. Документ утвержден ЦКР Минтопэнерго (протокол №2165 от 31.07.1997 г.).

#### **Literature:**

1. Gilaev G.G., Gilaev G., Khabibullin M.Y. Main aspects of using acid gel for proppant injection during hydraulic fracturing operations in carbonate reservoirs in the Volga-Ural region // Scientific Proceedings of NIPИ NEFTEGAZ GNKAR. – Krasnodar, 2020.

2. Gilaev G.G., Khabibullin M.Y. Increasing the efficiency of selective acid treatment of wells through the use of point hydro-sand perforation // Proceedings of the Tomsk Polytechnic University. Engineering of georesources. – 2021.
3. Basic approaches to the selection of drilling mud systems and technology of their use to prevent complications in the interval of Koshaya deposits at Samotlorskoye field / G.G. Gilaev [et al.]. – Samara, 2021.
4. Hydraulic fracturing as a tool for development of the Samara region fields / G.G. Gilaev [et al.] // Neftyanoye Khozyaistvo, 2014.
5. Sanding in production wells and casing violation. Assessment of patterns of reservoir, pore pressure distribution along the section of wells of Sladkovsko-Morozovskaya group of fields / G.G. Gilaev [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2010.
6. Choice of sequence and timing of geological and technical measures / G.G. Gilaev [et al.] // Journal: «Construction of oil and gas wells on land and at sea». – Krasnodar, 2010.
7. Gilaev G.G. Development of the theory and practice of hard toerecover hydrocarbon reserves at the complexly constructed fields: dissertation abstract. – Tyumen, 2004.
8. Diagnostics of deep pumping wells by dynamometer: monograph / G.G. Gilaev [et al.]. – Izhevsk, 2008.
9. Gilaev G.G., Antoniadi D.G. Extraction of oil // Ground and underground equipment. – Krasnodar, 2003.
10. Gilaev G.G. Research and development of complex technologies of water shut off during construction and operation of wells: dissertation. – Tyumen, 1999.
11. Choice of drilling mud for sidetracking / G.G. Gilaev [et al.] // Journal of Drilling and Oil. – Krasnodar, 2002.
12. Development of Samara oblast oil deposits: from practice to strategy / G.G. Gilaev [et al.] // Publishing house «Oil. Gas. Innovations». – Samara, 2014.
13. The main causes and methods of prevention of casing failure in the development of sandproducing formations / G.G. Gilaev [et al.] // Journal: «Engineer-Neftyanik», 2010.
14. Experience of seismic works milt–3d by slip–sweep technique / G.G. Gilaev [et al.] // Neftyanoye Khozyaistvo, 2013.
15. Methodological bases of planning and management of well repair / G.G. Gilaev [et al.]. – M. : Publishing house of VNIIOENG, 2000.
16. Monitoring of the quality of design solutions and optimization of designed facilities of capital construction in the oil industry / G.G. Gilaev [et al.] // Neftyanoye upravlenie, 2015.
17. Gilaev G.G., Burshtein M.A., Koshelev A.T. Analysis of dynamics and reasons of sanding of horizontal wells in formation A4-8 of Fedorovskoye field // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2003.
18. Gilaev G.G. Management of technological processes on intensification of oil production // Oil economy, 2004.
19. The beginning of a new stage in development of high-viscosity oil and natural bitumens in Russia / G.G. Gilaev [et al.] // Oil economy, 2011.
20. Comprehensive solution of the problems of scaling in LLC RN-Yuganskneftegaz / G.G. Gilaev [et al.] // Scientific and Technical Bulletin of OJSC «NK-Rosneft». – 2012.
21. Gilaev G.G. Development of the theory and practice of hard toerecover hydrocarbon reserves at the complexly constructed fields: dissertation abstract. – Tyumen, 2004.
22. Gilaev G.G., Gorbunov V.V., Gen O.P. Introduction of new technologies of well operation efficiency increasing in oilfields of OAO NK Rosneft Krasnodarneftegaz // Oil sector, 2005.
23. Gilaev G.G., Koshelev A.T. About efficiency of repairisolation operations in producing wells // Oilfield operations, 2003.

24. Prevention and limitation of sand occurrences in oil production / G.G. Gilaev [et al.] // Publishing house: All-Russian scientific research institute of organization, management and economy of oil and gas industry, 2004.
25. Hydraulic Fracturing in Vertical and Horizontal Wells / G.G. Gilaev [et al.] // Publisher: Izhevsk Institute of Computer Research – Izhevsk, 2020.
26. Gilaev G.G. Methods to combat the main types of complications in the operation of wells // Oil Economy, 2020.
27. Gilaev G.G. Ways to solve the problem of high underbalanced pressure created by associated petroleum gas in wells operated by ESPs // Ashirov readings. – 2021.
28. Determination of formation pressure during the plastic flow of rock material / G.G. Gilaev [et al.] // Publishing house: Ufa State Petroleum Technological University, 2021.
29. Tests of welded joints of thermally hardened steels of spiral welded pipes / G.G. Gilaev [et al.] // Publishing house: Ufa State Petroleum Technological University, 2021.
30. «Technological scheme of Priobskoye field development» (CCR protocol № 4819 dated 24.12.2014).
31. «Verkhne-Shapshinskoye field pilot operation project» (CKR Territorial Commission for the Khanty-Mansiysk Autonomous District protocol № 454 dated 24.12.2003).
32. Priobskaya oil-bearing zone of Western Siberia: System-lithological aspect / S.V. Ershov [et al.]; A.A. Trofimuk. – Novosibirsk : Siberian Branch of RAS. NIC OIGGM, 1996. – 252 p.
33. Project of pilot exploitation of Priobskoe field / A.N. Yanin [et al.]. – Tyumen : SibNIINP, 1986.
34. Complex technological scheme of Priobskoye oil field development // Stage 1. Program of wells on the right-bank part of Priobskoye oil field / AOOT SibNIINP, TERM Ltd. – Tyumen, 1996.
35. Addendum to the Technological Scheme of Pilot Operation of the Left Bank Part of Priobskoe Field, including Floodplain Area № 4 / SibNIINP, 1997. Document approved by CCR of Ministry of Fuel and Energy (protocol № 2165 of 31.07.1997).

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРП  
В ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРАХ  
НА ПРИМЕРЕ ФАИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

\*\*\*\*\*

**EFFECTIVENESS OF HYDRAULIC FRACTURING IN TERRIGENOUS  
RESERVOIRS BY THE EXAMPLE OF THE FAINA FIELD**

**Гиляев Г.Г.**

Институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Абдухамедов В.К.**

Институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** На сегодняшний день гидроразрыв пласта считается как эффективный метод воздействия на призабойную зону скважин (ПЗС) и технология, позволяющая значительно увеличить коэффициент извлечения нефти. В этой статье рассматривается эффективность ГРП.

**Ключевые слова:** гидроразрыв пласта.

\*\*\*\*\*

**Gilaev G.G.**

Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Abdukhamedov V.K.**

Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** Today, hydraulic fracturing is considered to be an effective method of influencing the bottomhole zone (BHZ) and a technology that allows to significantly increase the oil recovery factor. This article discusses the effectiveness of hydraulic fracturing.

**Keywords:** hydraulic fracturing.

\*\*\*\*\*

**Введение**

Гидроразрыв пласта – метод интенсификации добычи в нефтедобывающей промышленности. Технология гидроразрыва позволяет наувеличить приток к скважине путем формирования в горной породе трещины созначительно более высокой проницаемостью, чем проницаемость самой породы.

**Актуальность проблемы.** В большинстве нефтедобывающих регионов, происходит ухудшение структуры запасов нефти и истощение высокопродуктивных залежей и это сопровождается тем, что возрастает доля запасов с низкими дебитами скважин, которые трудно извлекаются.

Для того, чтобы увеличить добычу газа проводят множество различных исследований и разрабатывается большое количество месторождений, но чаще всего данные месторождения неоднородные и низкопроницаемые. При разработке таких месторождений нужно использовать интенсификации притока газа к забоям скважин. Самым распространённым методом такой интенсификации является гидроразрыв пласта.



В России, в нефтегазовой отрасли, огромное внимание уделяется развитию ГРП и в настоящее время данная тема достаточно актуальна и востребована.

ГРП является самым эффективным методом для повышения дебетов скважин, так как он не только интенсифицирует выработку запасов, но и при определённых условиях, приобщив к выработке прослой пласта и слабодренируемые участки, расширяет эту зону и как следствие, за счёт этого, позволяет достичь максимальной конечной точки в нефтеотдачи.

#### **Цель гидравлического разрыва**

1) повысить продуктивность пласта путем увеличения эффективного радиуса дренирования скважины. В пластах с относительно низкой проницаемостью гидроразрыв – лучший способ повышения продуктивности;

2) создать канал притока в пристволенной зоне нарушенной проницаемости.

**Технология проведения ГРП.** Технология заключается в нагнетании в скважину, при помощи насосных станций, по НКТ жидкости разрыва (геля), которая может быть приготовленной на водяной или углеводородной основе, например нефть, дизельное топливо. Давление, которое создаётся жидкостью, разрывает породу пласта, в следствии чего возникает трещина, которая постоянно с небольшой скоростью увеличивается в своём размере, за счет того, что продолжается закачиваться жидкость. При образовании трещины заданных размеров в высоковязкую жидкость начинает нагнетаться расклинивающий агент, который называется проппантом (представляет собой искусственный песок с шаровидными частицами, изготовленный на основе бокситов). Проппант попадает в трещину за счёт жидкости разрыва, которая доставляет его. Цель проппанта – снятие избыточного давления и закрепление трещины в раскрытом состоянии после завершения подачи жидкости разрыва пласта в скважину. За счёт этого процесса появляется новый, более обширный канал притока, который соединяет ранее существующие природные естественные трещины и образует дополнительную зону дренирования скважины. На последней стадии, проппант оставшийся в скважине после заполнения трещины, продавливается в пласт гелем.

Как следствие, благодаря созданной трещины, закрепленной проппантом, увеличивается зона пласта, дренируемая скважиной, присоединяются не участвующие ранее в разработке участки залежи, появляется высокопроводящий проток для транспортирования нефти в скважину, что позволяет увеличить дебит добывающих скважины, КИН, и тем самым перевести часть балансовых запасов нефти в промышленные.

**Эффективность.** Одним из эффективных методов повышения продуктивности скважин является гидравлический разрыв пласта (ГРП). Гидравлический разрыв может быть определен как механический метод воздействия на продуктивный пласт, при котором порода разрывается по плоскостям минимальной прочности благодаря воздействию на пласт давления, создаваемого закачкой в пласт флюида. В результате чего повышается дебит добывающих или приемистость нагнетательных скважин за счет снижения гидравлических сопротивлений в призабойной зоне и увеличения фильтрационной поверхности скважины, а также увеличивается конечная нефтеотдача за счет приобщения к выработке слабо дренируемых зон и пропластков. Это отражается на эффективности реализации ГРП на Фаинском Месторождении.

Фаинское месторождение разрабатывается 35 лет. Добыча нефти до 1994 года значительно отставала от проектных уровней. Существенную роль в этом сыграло отставание освоения систем ППД и худшие, возможности пласта по отдачи жидкости, чем предполагалось. В 1992 году на низко-продуктивных юрских отложениях была опробована эффективная технология интенсификации притока ГРП. После проведения ГРП продуктивность скважин увеличилась в 3–4 раза. Всего на месторождении проведено 179 ГРП, в результате которого дополнительно отобрано 1561 тысяч тонн. В 2002 году добыто 1053 тысячи тонн нефти. Стадия обводнения продукции – 55,3 %.

Оценка эффективности реализации ГРП на Фаинском месторождении

Палеофаци- альная зона	Кол-во опера- ций	Кратность увеличения Дебита, д.ед.		Дополнительная добыча нефти, тыс. т/скв.		Прирост КИН, асб. Ед.
		жидко- сти	нефти	всего	На 1 м нефт. толщины	
Русловые и пойменные образования	60	6,1	6,4	8,8	0,607	0,037
Баровые постройки	3	6,9	5,5	–	–	
Сублито- ральная область	107	11,9	12,0	6,1	0,817	0,078
Образования переходного типа	36	9,3	9,1	10,0	1,170	–
Палеолагу- ны и засто- йные зоны	5	3,0	1,6	1,0	0,330	–

**Вывод.** Гидроразрыв пласта позволяет увеличить коэффициент извлечения нефти.

**Литература:**

1. Гилаев Г.Г., Горбунов В.В., Гень О.П. Внедрение новых технологий повышения эффективности работы скважин на месторождениях ОАО «НК «Роснефть»-Краснодарнефтегаз» // Нефтяное хозяйство, 2005. – № 8.
2. Начало нового этапа в освоении месторождений высоковязких нефтей и природных битумов в России / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2011. – № 6.
3. Гилаев Г.Г. Развитие теории и практики добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на сложнопостроенных месторождениях: автореферат диссертации. – Тюмень, 2004.
4. Система бюджетирования на предприятии как инструмент управления / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2009. – № 10. – С. 16–18.
5. Вопросы эксплуатации пескопроявляющих пластов / В.Ю. Близиюков [и др.] // Влияние пластового давления на вынос песка из коллектора при эксплуатации добывающих скважин. Инженер-нефтяник. – 2010. – № 1.
6. Новые технологические процессы разработки залежей высоковязких нефтей ОАО «Удмуртнефть, ОАО «РосНИПИтермнефть» / В.И. Кудинов [и др.] // Сборник докладов I Международной конференции от 16–20 июня 1997 в пос. Шепси.
7. Мониторинг качества проектных решений и оптимизации проектируемых сооружений объектов капитального строительства в нефтяной отрасли / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2015. – № 8. – С. 94–97.
8. Толковый словарь по термическим методам воздействия на нефтяные пласты / Д.Г. Антониади [и др.]. – Краснодар, 2002.
9. О необходимости повышения роли научных исследований и качественного информационного обеспечения при проектировании разработки и наземного обустройства месторождений / А.В. Гришагин [и др.] // Экспозиция Нефть Газ. – 2018. – № 4 (64). – С. 45–50.

10. Опыт и результаты системного совершенствования традиционных технологий строительства нефтяных и газовых скважин / В.Н. Поляков [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2018. – № 12. – С. 13–18.

11. Способ рекультивации земель, занятых шламовыми амбарами / Г.Г. Гилаев [и др.] // Патент на изобретение RU 2564839 C1, 10.10.2015. Заявка № 2014111363/13 от 25.03.2014.

12. Устройство для закачки жидкости / Г.Г. Гилаев [и др.] // Патент на изобретение RU 2241825 C2, 10.12.2004. Заявка № 2003104370/03 от 13.02.2003.

134. Способ изоляции интервала негерметичности обсадной колонны в скважине / Т.В. Исметов [и др.] // Патент на изобретение RU 2254443 C1, 20.06.2005. Заявка № 2004126020/03 от 26.08.2004.

14. Многослойная тепловая изоляция / Д.Г. Антониади [и др.] // Патент на изобретение RU 2249755 C2, 10.04.2005. Заявка № 2002117208/06 от 27.06.2002.

15. Лядов Б.С., Кошелев А.Т., Гилаев Г.Г. Способ обработки нагнетательных скважин // Патент на изобретение RU 2131022 C1, 27.05.1999. Заявка № 98100577/03 от 13.01.1998.

16. Сепарационная установка / Г.Г. Гилаев [и др.] // Патент на полезную модель RU 156255 U1, 10.11.2015. Заявка № 2015118787/05 от 19.05.2015.

17. Нефтяное хозяйство / Г.Г. Гилаев [и др.]. – 2014. – № 11. – С. 65–69.

18. Научно технический центр вестник ОАО «НК «РОСНЕФТЬ» / Г.Г. Гилаев [и др.]. – 2012. – № 2 (27). – С. 22–26.

19. Гилаев Г.Г. Нефтяное хозяйство, 2007. – № 8. – С. 59–65.

20. Гилаев Г.Г., Хабибуллин М.Я., Гилаев А.Г. Перспективы применения кислотного геля для закачки проппанта в процессе проведения гидроразрыва карбонатных пластов на территории Самарской области // Нефтяное хозяйство, 2020. – № 8. – С. 54–57.

21. Гилаев Г.Г., Сулейманов Р.И. Оборудование для термокислотного импульсирования // В сборнике: современные технологии в нефтегазовом деле – 2020. Сборник трудов международной научно-технической конференции. – 2020. – С. 341–345.

22. Гилаев Г.Г., Сулейманов Р.И. Совершенствование оборудования для термокислотного импульсного воздействия // В сборнике: Современные технологии в нефтегазовом деле – 2020. Сборник трудов международной научно-технической конференции. – 2020. – С. 361–367.

23. Гидроразрыв пласта в вертикальных и горизонтальных скважинах / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Ижевск, 2020.

### **Literature:**

1. Gilaev G.G., Gorbunov V.V., Gen O.P. Introduction of new technologies of well operation efficiency increasing in oilfields of OAO NK Rosneft Krasnodarneftegaz // Oil sector, 2005. – № 8.

2. The beginning of a new stage in development of high-viscosity oil and natural bitumens in Russia / G.G. Gilaev [et al.] // Oil economy, 2011. – № 6.

3. Gilayev G.G. Development of theory and practice of hard to recover hydrocarbon reserves extraction at complexly constructed fields: dissertation. – Tyumen, 2004.

4. Budgeting system at the enterprise as a management tool / G.G. Gilaev [et al.] // Oil economy, 2009. – № 10. – P. 16–18.

5. Issues of exploitation of sand producing reservoirs / V.Y. Bliznyukov [et al.] // Influence of reservoir pressure on the removal of sand from the reservoir during exploitation of producing wells. Engineer neftyanik. – 2010. – № 1.

6. New technological processes of the development of deposits of high-viscosity oils JSC «Udmurtneft, RosNIPItermneft» / V.I. Kudinov [et al.] // Collection of reports of the I International Conference from 16–20 June 1997 in the village Shepsie.

7. Monitoring of the quality of design solutions and optimization of designed facilities of capital construction in the oil industry / G.G. Gilaev [et al.] // *Neftyanoye upravlenie*, 2015. – № 8. – P. 94–97.
8. Glossary of thermal methods of impact on oil reservoirs / D.G. Antoniadu [et al.]. – Krasnodar, 2002.
9. On the need to increase the role of scientific research and quality information support in the design of field development and surface facilities / A.V. Grishagin [et al.] // *Exposition Neft Gaz*. – 2018. – № 4 (64). – P. 45–50.
10. Experience and results of system improvement of traditional technologies of oil and gas wells construction / V.N. Polyakov [et al.] // *Construction of oil and gas wells on land and at sea*. – 2018. – № 12. – P. 13–18.
11. Method of reclamation of lands occupied by sludge pits / G.G. Gilayev [et al.] // Patent for invention RU 2564839 C1, 10.10.2015. Application № 2014111363/13 of 25.03.2014.
12. Device for injection of liquids / G.G. Gilaev [et al.] // Patent for invention RU 2241825 C2, 10.12.2004. Application № 2003104370/03 of 13.02.2003.
13. Method of isolation of leakage interval of casing string in a well / T.V. Ismetov [et al.] // Patent for invention RU 2254443 C1, 20.06.2005. Application № 2004126020/03 of 26.08.2004.
14. Multilayer heat insulation / D.G. Antoniadu [et al.] // Patent for the invention RU 2249755 C2, 10.04.2005. Application № 2002117208/06 of 27.06.2002.
15. Lyadov B.S., Koshelev A.T., Gilayev G.G. Method of treatment of injection wells // Patent for the invention RU 2131022 C1, 27.05.1999. Application № 98100577/03 of 13.01.1998.
16. Separation unit / G.G. Gilaev [et al.] // Useful model patent RU 156255 U1, 10.11.2015. Application № 2015118787/05 of 19.05.2015.
17. Oil economy / G.G. Gilaev [et al.]. – 2014. – № 11. – P. 65–69.
18. Scientific and Technical Center Newsletter OAO NK ROSNEFT / G.G. Gilaev [et al.]. – 2012. – № 2 (27). – P. 22–26.
19. Gilaev G.G. Oil economy, 2007. – № 8. – P. 59–65.
20. Gilaev G.G., Khabibullin M.Y., Gilaev A.G. Prospects of application of acid gel for proppant injection during hydraulic fracturing of carbonate formations in the Samara region // *Oil Economy*, 2020. – № 8. – P. 54–57.
21. Gilaev G.G., Suleymanov R.I. Equipment for thermal acid pulsing // In the collection: modern technologies in oil and gas industry – 2020. Collection of Works of International Scientific and Technical Conference. – 2020. – P. 341–345.
22. Gilaev G.G., Suleymanov R.I. Improvement of equipment for thermal-acid pulse exposure // In the collection: Modern technologies in oil and gas business – 2020. Collection of papers of the international scientific-technical conference. – 2020. – P. 361–367.
23. Hydraulic Fracturing in Vertical and Horizontal Wells / G.G. Gilaev [et al.]. – Izhevsk, 2020.

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ИЗОЛЯЦИИ  
ВОДОПРИТОКА В СКВАЖИНАХ  
ДНЕПРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

\*\*\*\*\*

**APPLICATION OF MODERN METHODS OF WATER INFLOW  
ISOLATION IN THE WELLS OF THE DNIEPER FIELD**

**Гиляев Г.Г.**

профессор,  
институт нефти, газа и энергетики,  
кубанский государственный технологический университет

**Петров С.И.**

студент,  
институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** В статье выполнен анализ основных технических сложностей эксплуатации газовых скважин с наличием воды в составе притока. Рассмотрены особенности работы скважин Днепровского газового месторождения. Предложена методика проведения работ по изоляции водопритока с использованием гидроизоляционного вязкоупругого барьера на основе органических оксикислот.

**Ключевые слова:** газовая скважина, пластовый флюид, водоприток, изоляционные работы, эксплуатация скважины.

\*\*\*\*\*

**Gilaev G.G.**

Professor,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Petrov S.I.**

Student,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** The article analyzes the main technical difficulties of operating gas wells with the presence of water as part of the inflow. The features of the operation of the wells of the Dnieper gas field are considered. A method of work on the isolation of water inflow using a waterproofing viscoelastic barrier based on organic oxy-acids is proposed.

**Keywords:** gas well, reservoir fluid, water inflow, isolation work, well operation.

\*\*\*\*\*

**Introduction**

**В** газовых скважинах может происходить конденсация парообразной воды из газа и поступление воды на забой скважины из пласта. В начальный период разработки залежи при высоких скоростях газового потока и небольшом количестве жидкости она практически полностью выносятся на поверхность [1–12]. По мере снижения скорости потока газа на забое и увеличения количества жидкости, поступающей на забой скважины за счет обводнения проницаемых пропластков, не обеспечивается пол-

ный вынос жидкости из скважины, происходит накопление столба жидкости на забое. Он увеличивает противодействие на пласт, приводит к существенному снижению дебита, к прекращению притока газа из низкопроницаемых пропластков и даже к полной остановке скважины. Для эффективной эксплуатации скважин в этих условиях разработаны различные методы [1–14].

### **Material sand methods**

Режим разработки эксплуатационного объекта Днепровского газового месторождения – активное давление воды – существенно отличается от утвержденного в проектной документации газового режима. При отборе газа с месторождения поровое пространство почти полностью замещается пластовой водой, что в значительной степени компенсирует падение пластового давления, однако приводит к быстрому обводнению добывающих скважин [4, 14, 16–25].

Так, скважина № 3 находится в штатной эксплуатации с 2008 года, с накоплением давления и высокой обводненностью со средней дебитом газа 1 тыс. м<sup>3</sup>/сут и пластовой водой 0,22 т/сут при  $P_{\text{бвф}} - 5,52$  МПа,  $P_{\text{затр}} - 6,86$  МПа. Разница между давлением трубы и кольца возникает из-за наличия столба воды. Вышеизложенное свидетельствует о том, что скважина № 3 достигла стадии интенсивного обводнения. Скважина работает с выносом песка и постоянно увеличивающимся дебитом воды. В работе скважины № 1 наблюдается периодическое скопление жидкости в забое, так как конструкция не способна полностью обеспечить режим скорости газа, в результате чего жидкость скапливается на дне [14–25].

### **Results**

Для решения данных проблем рекомендуется изолировать пластовую воду в скважинах. Для эффективного проведения работ по изоляции пластовой воды предлагается гидроизоляционный вязкоупругий барьер на основе органических оксикислот и реагентом «сухая смесь для ремонтно-изоляционных работ» (ТУ 2458-026-00158770-2014 [26]) с повышенными гидроизоляционными свойствами. Изолирующий барьер усилен установкой цементного моста на затопливаемой территории. Значительное улучшение качества изоляции достигается за счет использования материалов с различными функциональными возможностями для перекрытия водных каналов: мелкие каналы и микротрещины закрываются сильно проникающим гелеобразующим составом, а большие трещины заполняются цементным раствором [18–26].

Изолирующий состав для изготовления водонепроницаемого экрана имеет время гелеобразования, которое можно установить в широком диапазоне (2–12 часов), что дает возможность закачки в пласт. Образованный раствором гель обеспечивает качественную изоляцию грунтовых вод и высокую прочность изоляционного барьера, который выдерживает падение работы при эксплуатации скважины. Технология использования состава не требует дополнительного оборудования [25–27].

Об эффективности данной технологии свидетельствует положительный результат ремонтно-изоляционных работ на месторождениях ПАО «Газпром» [26].

### **Conclusion**

С учетом вышеизложенного, для борьбы с обводнением скважин Днепровского месторождения рекомендуется:

- не допускать эксплуатацию добывающих газовых скважин с наличием скопления жидкости на забое;
- эксплуатировать газовые скважины на оптимальном режиме, а именно – обеспечивать скорости движения газа на забое, достаточные для выноса пластовой жидкости;
- в качестве мер по изоляции водопритока в скважинах Днепровского месторождения рекомендуется применение гидроизоляционного вязкоупругого барьера на основе

органических оксикислот и реагента «сухая смесь для ремонтно-изоляционных работ» (ТУ 2458-026-00158770-2014) с повышенными гидроизоляционными свойствами.

Таким образом, использование высокотехнологичных методов изоляции пластовых водимеет важное значение при добыче углеводородного сырья [12–27]. Рассмотренная методика изоляции водопритока позволит эффективно решить проблемы, связанные с эксплуатацией газовых скважин при условии скопления жидкости на их забое.

### **Литература:**

1. Развитие технологий увеличения нефтеотдачи пластов / Г.Г. Гилаев [и др.] // 3-я Международная конференция «Освоение и добыча трудноизвлекаемых и высоковязких нефтей». – Анапа, 2001.
2. Гилаев Г.Г. Управление технологическими процессами по интенсификации добычи нефти // Нефтяное Хозяйство, 2004.
3. Гилаев Г.Г., Антониади Д.Г. Добыча нефти. Наземное и подземное оборудование. – Краснодар, 2003.
4. Гилаев Г.Г., Гасанов А.Г. Устройство для чистки скважины // Патент. – 2006.
5. Гилаев Г.Г., Ковалев Н.И. Справочное пособие по технологии и техническим средствам добычи нефти. – Краснодар : Издательство: ООО «Просвещение – Юг», 2005.
6. Гилаев Г.Г., Пустовой П.А. Выбор очередности и времени проведения геолого-технических мероприятий // Журнал: «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море». – Краснодар, 2010.
7. Гилаев Г.Г. Способ разработки залежи нефти // Патент. – 2012.
8. Гилаев Г.Г., Исмагилов А.Ф. Мониторинг качества проектных решений и оптимизации проектируемых сооружений объектов капитального строительства в нефтяной отрасли // Нефтяное Хозяйство, 2015.
9. Гилаев Г.Г. Повышение эффективности выработки трудноизвлекаемых запасов на сложнопостроенных нефтегазовых месторождениях. – Краснодар : Издательство «Советская Кубань», 2003.
10. Гилаев Г.Г., Хабибуллин М.Я. Перспективы применения кислотного геля для закачки проппанта в процессе проведения гидроразрыва карбонатных пластов на территории Самарской области // Нефтяное хозяйство, 2020. – № 8. – С. 54–57.
11. Применение термостойких жидкостей глушения на основе нефтяных эмульсий / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2009. – № 8. – С. 64–67.
12. Нефтяные залежи в карбонатных отложениях фаменского яруса Самарской области: история открытия и перспективы поиска / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2013. – № 10. – С. 38–40.
13. Повышение эффективности использования химических реагентов в ОАО «НК «Роснефть» / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2012. – № 11. – С. 22–24.
14. Гилаев Г.Г. Развитие теории и практики добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на сложнопостроенных месторождениях // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Тюмень, 2004.
15. Гидравлический разрыв пласта как инструмент разработки месторождений Самарской области / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2014. – № 11. – С. 65–69.
16. Гилаев Г.Г. Исследование и разработка комплекса технологий изоляции водопритоков при строительстве и эксплуатации скважин // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тюменский индустриальный университет. – Тюмень, 1999.
17. Диагностирование глубинно-насосных скважин динамометрированием / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Ижевск, 2008.





11. Application of heat-resistant silencing fluids based on petroleum emulsions / G.G. Gilaev [et al.] // Oil economy, 2009. – № 8. – P. 64–67.
12. Oil deposits in the carbonate deposits of the Famensky tier of the Samara region: the history of discovery and prospects of search / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry, 2013. – № 10. – P. 38–40.
13. Improving the efficiency of the use of chemical reagents in OAO NK Rosneft / G.G. Gilaev [et al.] // Oil Economy, 2012. – № 11. – P. 22–24.
14. Gilaev G.G. development of the theory and practice of extraction of unconventional hydrocarbons in complex fields // Thesis for the degree of doctor of technical science, Tyumen, 2004.
15. Hydraulic fracturing as a tool for developing fields of Samara region / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry, 2014. – № 11. – P. 65–69.
16. Gilaev G.G. Research and development of a complex of technologies for isolation of water flows during the construction and operation of wells // Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Tyumen Industrial University. – Tyumen, 1999.
17. Diagnostics of deep-pumping wells by dynamometry / G.G. Gilaev [et al.]. – Izhevsk, 2008.
18. Application of horizontal wells with multiple fractures of hydraulic fracturing for the development of low-permeable formations on the example of the experimental site of the Priobskoye field / G.G. Gilaev [et al.] // Scientific and Technical Bulletin of JSC «NK «Rosneft». – 2012. – № 2 (27). – P. 22–26.
19. Development of oil fields of the Samara region: from practice to strategy / G.G. Gilaev [et al.]. – Samara, 2014.
20. Device for liquid injection / G.G. Gilaev [et al.] // Patent. – 2004.
21. Monitoring the quality of design solutions and optimization of projected structures of capital construction facilities in the oil industry / G.G. Gilaev [et al.] // Oil economy, 2015. – № 8. – P. 94–97.
22. Choosing the order and time of geological and technical measures / G.G. Gilaev [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2010. – № 9. – P. 31–33.
23. Gilaev G.G., Vartumyan G.T., Harutyunyan A.S. A brief analysis of studies on the hydrodynamics of horizontal wells // In the collection: Hypotheses, Search, Forecasts. – Krasnodar, 2002. – P. 308–314.
24. Supplement to the Dnipro Gas field development project [Text]: research report: 06/DS-PROCH/0031 / Gazprom Dobycha Krasnodar LLC – ITC; ruk. Budnikov D.V. / D.I. Kravtsov [et al.]. – Krasnodar, 2011.
25. Generalization of the results of exploratory drilling on the deposits of the Meotic tier of the Dnieper field with the calculation of gas reserves [Text]: report on the topic of-06-01 / STC LLC «Kubangazprom»; ruk. Kolesnichenko V.P. – Krasnodar, 2001.
26. Dry mixture for repair and insulation work [Text]: TU 2458-026-00158770-2014.
27. Classifier of works in wells of Gazprom OJSC [Text]: STO Gazprom 2-3.3-566-2011: approved and put into effect by Order of Gazprom OJSC No. 110 dated 16.03.2011. – M. : Gazprom Expo LLC, 2011. – 50 p.

**ОСОБЕННОСТИ ГАЗЛИФТНОГО СПОСОБА  
ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН ОРЕНБУРГСКОГО  
НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

\*\*\*\*\*

**FEATURES OF THE GASLIFT METHOD OF WELLS OPERATION  
OF THE ORENBURG OIL AND GAS CONDENSATE FIELD**

**Гиляев Г.Г.**

профессор,  
институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Цыбульский Н.М.**

студент,  
институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** В статье рассмотрено применение газлифтного способа эксплуатации скважин, на Оренбургском нефтегазоконденсатном месторождении. Проведен анализ режима разработки эксплуатационного объекта и условий работы внутрискважинного оборудования. Приведено обоснование применения газлифтного способа эксплуатации скважин Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения.

**Ключевые слова:** газлифт, эксплуатационная скважина, газовый фактор, нефтепромысловое оборудование, давление насыщения.

\*\*\*\*\*

**Gilaev G.G.**

Professor,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Tsibulskiy N.M.**

Student,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** The article considers the application of the gas lift method of well operation at the Orenburg oil and gas condensate field. The analysis of the operational object development mode and working conditions of downhole equipment is carried out. The justification of the gas lift method application on the wells of the Orenburg oil and gas condensate field is given.

**Keywords:** corrosion properties, physico-chemical properties, corrosion protection, oilfield equipment, inhibitor.

\*\*\*\*\*

**Introduction**

**Г**азлифтная добыча – способ подъема жидкости из скважины, применяемый для добычи нефти и пластовых вод за счет энергии газа, находящегося под избыточным давлением. В качестве рабочего агента применяется сжатый компрессором попутный газ (компрессорный газлифт) или воздух (эрлифт), а также природный газ под

естественным давлением (бескомпрессорный газлифт). В том числе применяется газ из продуктивного пласта, вскрытого той же скважиной (внутрискважинный бескомпрессорный газлифт).

Задача газлифта – газирование жидкости. При этом плотность газожидкостной смеси (а следовательно, давление ее столба в скважине) с ростом газосодержания уменьшается, забойное давление скважины снижается. Приток продукции зависит от расхода газа [1–14].

#### **Material sand methods**

В нефтедобыче газлифтный способ эксплуатации применяется на объектах с наличием газовой инфраструктуры, а также в скважинах с технологическими или геологическими ограничениями использования погружных насосов. Позволяет получать высокий дебит жидкости из скважин и подходит для скважин с большим содержанием песка и попутного газа [8–22].

Газлифт используют при наличии факторов, которые значительно усложняют работу насосов:

- высокое газосодержание или температура жидкости;
- наличие песка;
- отложения парафина и солей;
- а также добыча в кустовых и наклонно-направленных скважинах.

Таким образом, газлифт позволяет улучшать использование газа и эксплуатировать месторождение более рационально по сравнению с другими методами скважинной добычи углеводородов [4, 14, 16–23].

#### **Results**

Оренбургское НГКМ разрабатывается на режиме истощения. Указанный режим разработки обусловлен слабой проницаемостью, препятствующей применению методов вытеснения и реализации полноценной системы поддержания пластового давления.

Особенностями Оренбургского месторождения являются значительное газосодержание нефти и высокое давление насыщения (выше, чем текущее пластовое давление), что в совокупности с прорывами газа из газовой шапки приводит к огромным газовым факторам и значительным дебитам газа [10–16].

Газлифтный способ эксплуатации обусловлен высоким содержанием газа в добываемой жидкости. Наличие большого количества газа на месторождении создает проблемы для работы скважинных насосов, но является преимуществом при использовании газлифтного способа эксплуатации. Также возникают проблемы при спуске насосов на большом искривлении ствола скважин, где может эффективно работать газлифтная система. Простота спускаемого оборудования и большой межремонтный период являются еще одним преимуществом газлифтного способа на активе, особенно важным этот фактор становится при таком высоком содержании  $H_2S$ , как на Восточном Участке месторождения. Таким образом, учитывая особенности Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения, можно сделать вывод, что газлифт является оптимальным способом добычи нефти [20–23].

#### **Conclusion**

С учетом вышеизложенного, газлифтный способ эксплуатации добывающих скважин Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения является наиболее приемлемым и эффективным способом из прочих возможных.

К главным неопределенностям эксплуатации газлифтных скважин Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения можно отнести:

- узкие места технологической цепочки;
- пульсирующий режим работы газлифтных скважин;

– гидратообразование в системе подачи газлифтного газа и отложения парафинов в системе сбора нефти.

В связи с этим задачи поддержания добычи углеводородов и увеличения рентабельности добывающего предприятия являются не самыми тривиальными и требуют привлечения современных технологий и комплексов [8–13].

### **Литература:**

1. Развитие технологий увеличения нефтеотдачи пластов / Г.Г. Гилаев [и др.] // 3-я Международная конференция «Освоение и добыча трудноизвлекаемых и высоковязких нефтей». – Анапа, 2001.
2. Гилаев Г.Г. Управление технологическими процессами по интенсификации добычи нефти // Нефтяное Хозяйство, 2004.
3. Гилаев Г.Г., Антониади Д.Г. Добыча нефти. Наземное и подземное оборудование. – Краснодар, 2003.
4. Гилаев Г.Г., Гасанов А.Г. Устройство для чистки скважины // Патент. – 2006.
5. Гилаев Г.Г., Ковалев Н.И. Справочное пособие по технологии и техническим средствам добычи нефти. – Краснодар : Издательство: ООО «Просвещение – Юг», 2005.
6. Гилаев Г.Г., Пустовой П.А. Выбор очередности и времени проведения геолого-технических мероприятий // Журнал: «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море». – Краснодар, 2010.
7. Гилаев Г.Г. Способ разработки залежи нефти // Патент. – 2012.
8. Гилаев Г.Г., Исмагилов А.Ф. Мониторинг качества проектных решений и оптимизации проектируемых сооружений объектов капитального строительства в нефтяной отрасли // Нефтяное Хозяйство, 2015.
9. Гилаев Г.Г. Повышение эффективности выработки трудноизвлекаемых запасов на сложнопостроенных нефтегазовых месторождениях. – Краснодар : Издательство «Советская Кубань», 2003.
10. Гилаев Г.Г., Хабибуллин М.Я. Перспективы применения кислотного геля для закачки проппанта в процессе проведения гидроразрыва карбонатных пластов на территории Самарской области // Нефтяное хозяйство, 2020. – № 8. – С. 54–57.
11. Применение термостойких жидкостей глушения на основе нефтяных эмульсий / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2009. – № 8. – С. 64–67.
12. Нефтяные залежи в карбонатных отложениях фаменского яруса Самарской области: история открытия и перспективы поиска / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2013. – № 10. – С. 38–40.
13. Повышение эффективности использования химических реагентов в ОАО «НК «Роснефть» / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2012. – № 11. – С. 22–24.
14. Гилаев Г.Г. Развитие теории и практики добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на сложнопостроенных месторождениях // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Тюмень, 2004.
15. Гидравлический разрыв пласта как инструмент разработки месторождений Самарской области / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2014. – № 11. – С. 65–69.
16. Гилаев Г.Г. Исследование и разработка комплекса технологий изоляции водопритоков при строительстве и эксплуатации скважин // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тюменский индустриальный университет. – Тюмень, 1999.
17. Диагностирование глубинно-насосных скважин динамометрированием / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Ижевск, 2008.
18. Применение горизонтальных скважин с множественными трещинами ГРП для разработки низкопроницаемых пластов на примере опытного участка Приобского месторождения / Г.Г. Гилаев [и др.] // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». – 2012. – № 2 (27). – С. 22–26.

19. Разработка нефтяных месторождений Самарской области: от практики к стратегии / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Самара, 2014.
20. Устройство для закачки жидкости / Г.Г. Гилаев [и др.] // Патент. – 2004.
21. Мониторинг качества проектных решений и оптимизации проектируемых сооружений объектов капитального строительства в нефтяной отрасли / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2015. – № 8. – С. 94–97.
22. Выбор очередности и времени проведения геолого-технических мероприятий / Г.Г. Гилаев [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 9. – С. 31–33.
23. Гилаев Г.Г., Вартумян Г.Т., Арутюнян А.С. Краткий анализ исследований по гидродинамике горизонтальных скважин // В сборнике : Гипотезы, Поиск, Прогнозы. – Краснодар, 2002. – С. 308–314.

### **Literature:**

1. Development of technologies for increasing oil recovery / G.G. Gilaev [et al.] // 3rd International Conference «Development and production of hard-to-recover and high-viscosity oils». – Анапа, 2001.
2. Gilaev G.G. Management of technological processes for the intensification of oil production // Oil Economy, 2004.
3. Gilaev G.G., Antoniadis D.G. Oil production. Ground and underground equipment. – Krasnodar, 2003.
4. Gilaev G.G., Hasanov A.G. Device for cleaning wells // Patent. – 2006.
5. Gilaev G.G., Kovalev N.I. Reference manual on technology and technical means of oil production. – Krasnodar : Publishing house: LLC «Enlightenment – South», 2005.
6. Gilaev G.G., Pustovoy P.A. Choosing the order and time of geological and technical measures // Journal: «Construction of oil and gas wells on land and at sea». – Krasnodar, 2010
7. Gilaev G.G. Method of oil deposit development // Patent. – 2012.
8. Gilaev G.G., Ismagilov A.F. Monitoring the quality of design solutions and optimization of projected structures of capital construction facilities in the oil industry // Oil Industry, 2015.
9. Gilaev G.G. Improving the efficiency of production of hard-to-recover reserves at complex oil and gas fields. – Krasnodar : Publishing House «Sovetskaya Kuban», 2003.
10. Gilaev G.G., Khabibullin M.Ya. Prospects for the use of acid gel for pumping proppant in the process of hydraulic fracturing of carbonate formations on the territory of the Samara region // Oil industry, 2020. – № 8. – P. 54–57.
11. Application of heat-resistant silencing fluids based on petroleum emulsions / G.G. Gilaev [et al.] // Oil economy, 2009. – № 8. – P. 64–67.
12. Oil deposits in the carbonate deposits of the Famenky tier of the Samara region: the history of discovery and prospects of search / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry, 2013. – № 10. – P. 38–40.
13. Improving the efficiency of the use of chemical reagents in OAO NK Rosneft / G.G. Gilaev [et al.] // Oil Economy, 2012. – № 11. – P. 22–24.
14. Gilaev G.G. development of the theory and practice of extraction of unconventional hydrocarbons in complex fields // Thesis for the degree of doctor of technical science, Tyumen, 2004.
15. Hydraulic fracturing as a tool for developing fields of Samara region / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry, 2014. – № 11. – P. 65–69.
16. Gilaev G.G. Research and development of a complex of technologies for isolation of water flows during the construction and operation of wells // Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Tyumen Industrial University. – Tyumen, 1999.

17. Diagnostics of deep-pumping wells by dynamometry / G.G. Gilaev [et al.]. – Izhevsk, 2008.
18. Application of horizontal wells with multiple fractures of hydraulic fracturing for the development of low-permeable formations on the example of the experimental site of the Priobskoye field / G.G. Gilaev [et al.] // Scientific and Technical Bulletin of JSC «NK «Rosneft». – 2012. – № 2 (27). – P. 22–26.
19. Development of oil fields of the Samara region: from practice to strategy / G.G. Gilaev [et al.]. – Samara, 2014.
20. Device for liquid injection / G.G. Gilaev [et al.] // Patent. – 2004.
21. Monitoring the quality of design solutions and optimization of projected structures of capital construction facilities in the oil industry / G.G. Gilaev [et al.] // Oil economy, 2015. – № 8. – P. 94–97.
22. Choosing the order and time of geological and technical measures / G.G. Gilaev [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2010. – № 9. – P. 31–33.
23. Gilaev G.G., Vartumyan G.T., Harutyunyan A.S. A brief analysis of studies on the hydrodynamics of horizontal wells // In the collection: Hypotheses, Search, Forecasts. – Krasnodar, 2002. – P. 308–314.

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОСТАДИЙНОГО  
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА НА ОБЪЕКТАХ  
РАЗРАБОТКИ АРЛАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

\*\*\*\*\*

**INTENSIFICATION OF OIL PRODUCTION USING MULTISTAGE  
HYDRAULIC FRACTURING AT THE DEVELOPMENT FACILITIES  
OF THE ARLANSKY FIELD**

**Гиляев Г.Г.**

профессор,  
институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Цыбульский Н.М.**

студент,  
институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** В статье рассмотрено применение многостадийного гидравлического разрыва пласта в целях интенсификации добычи нефти на объектах Арланского месторождения. Проведен анализ геологических и технологических предпосылок использования многостадийного гидравлического разрыва пласта. Приведено обоснование применения многостадийного гидравлического разрыва пласта на Арланском месторождении.

**Ключевые слова:** гидравлический разрыв пласта, эксплуатационная скважина, коллектор, пропласток, расчлененность, неоднородность фильтрационно-емкостных свойств.

\*\*\*\*\*

**Gilaev G.G.**

Professor,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Tsibulskiy N.M.**

Student,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** The article discusses the use of multistage hydraulic fracturing in order to intensify oil production at the facilities of the Arlansky field. The analysis of geological and technological prerequisites for the use of multistage hydraulic fracturing is carried out. The rationale for the use of multistage hydraulic fracturing at the Arlanskoeye field is given.

**Keywords:** hydraulic fracturing, production well, reservoir, interlayer, fragmentation, heterogeneity of filtration and capacitive properties.

\*\*\*\*\*

**Introduction**

**А** рланское месторождение является уникальным месторождением по запасам и истории разработки. Большое количество проведённых исследований и применяемых технологий обуславливает высокую эффективность разработки основных объ-

ектов этого месторождения. Несмотря на высокие технологические показатели, ряд проблем при эксплуатации скважин до сих пор не решён. Поэтому повышение эффективности эксплуатации скважин является актуальной задачей, стоящей перед разработчиками [1–8].

Коллекторами нефти терригенной толщи нижнего карбона Арланского месторождения являются мелкозернистые песчаники и крупнозернистые алевролиты, которые чередуются в вертикальном разрезе с прослоями глинистых и углисто-глинистых пород. Толщина песчаных пластов и их количество крайне непостоянны даже в пределах отдельных площадей. Терригенная толща нижнего карбона имеет исключительно сложное геологическое строение [1–14].

### **Material sand methods**

К осложняющим особенностям данной площади относятся: многопластовость разреза, расчленённость, резкая литологическая и тектоническая изменчивость, развитая зональная неоднородность и сравнительно высокая остаточная нефтенасыщенность пород коллекторов, в которых сосредоточены основные запасы нефти. Повышенное содержание смол и асфальтенов в нефтях нижнего карбона придаёт им структурномеханические и неньютоновские свойства, влияющие отрицательно на процесс вытеснения нефти водой. Основная часть запасов нефти сконцентрирована в терригенной толще нижнего карбона, которая характеризуется наличием нескольких пластов с закономерной сменой типов пород, различающихся толщиной, различной активностью пластовых флюидов, зональной неоднородностью, зачастую они замещаются непроницаемыми породами. В карбонатных коллекторах турнейского яруса развита трещиноватость, которая является основным видом пустотности и составляет десятки доли процента. Сложность строения карбонатных коллекторов определяет трудность разработки этих месторождений [8–22].

Традиционные технологии бурения вертикальных скважин и последующий гидроразрыв пласта не обеспечивают достижения высокого показателя коэффициента извлекаемости углеводородов и допустимой рентабельной эксплуатации нефтяных и газовых скважин [4, 14, 16–23].

### **Results**

Эффективным методом разработки месторождений является бурение горизонтальных скважин с применением многостадийного ГРП. Метод хорошо зарекомендовал себя при применении в сложных геологических условиях, при ухудшенных фильтрационно-ёмкостных свойствах и наличии подошвенной воды. С увеличением горизонтальных участков стволов и длины скважины, технология многоступенчатого и гидроразрыва пластов становится все более необходимой [10–16].

Многостадийный ГРП – последовательное выполнение нескольких работ ГРП на одной скважине. Цель – повышение продуктивности скважины, увеличение площади дренирования, повышение коэффициента извлечения углеводородов и, как следствие, экономической эффективности разработки месторождения. На низкопроницаемых коллекторах горизонтальные скважины с МГРП показывают хорошие стартовые дебиты, что очень важно для быстрой окупаемости скважины и проекта в целом. Можно сказать, что одна горизонтальная скважина с МГРП по эффективности сравнима с двумя вертикальными скважинами с ГРП. При этом требуется меньше времени и материалов на строительство скважины, снижаются затраты на землеотвод и строительство кустовых площадок. При малой мощности и проницаемости коллектора, при слабых барьерах эффективность ГРП на вертикальной скважине уменьшается, так как трещины распространяются в зоны, не насыщенные УВ. Таким образом, приходится размещать гораздо больше пропанта, чем требуется для целевого интервала. В случае много зонных скважин горизонтальный ствол можно пробурить в целевом интервале и создать множество высоко проницаемых трещин, не выходящих за пределы эффективной мощности пласта [20–23].



## Conclusion

С учетом вышеизложенного, применение многостадийного гидравлического разрыва пласта на объектах Арланского месторождения является наиболее приемлемым и эффективным способом интенсификации добычи нефти из прочих возможных.

К главным факторам успешности при проведении многостадийного гидравлического разрыва пласта можно отнести:

- точное понимание геологических параметров целевых пластов;
- обеспечение полной изоляции одних интервалов обработки от других в процессе гидравлического разрыва;

В связи с этим задачи поддержания добычи углеводородов и увеличения рентабельности добывающего предприятия являются не самыми тривиальными и требуют привлечения современных технологий и комплексов [8–13].

## Литература:

1. Развитие технологий увеличения нефтеотдачи пластов / Г.Г. Гилаев [и др.] // 3-я Международная конференция «Освоение и добыча трудноизвлекаемых и высоковязких нефтей». – Анапа, 2001.
2. Гилаев Г.Г. Управление технологическими процессами по интенсификации добычи нефти // Нефтяное Хозяйство, 2004.
3. Гилаев Г.Г., Антониади Д.Г. Добыча нефти. Наземное и подземное оборудование. – Краснодар, 2003.
4. Гилаев Г.Г., Гасанов А.Г. Устройство для чистки скважины // Патент. – 2006.
5. Гилаев Г.Г., Ковалев Н.И. Справочное пособие по технологии и техническим средствам добычи нефти. – Краснодар : Издательство: ООО «Просвещение – Юг», 2005.
6. Гилаев Г.Г., Пустовой П.А. Выбор очередности и времени проведения геолого-технических мероприятий // Журнал: «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море». – Краснодар, 2010.
7. Гилаев Г.Г. Способ разработки залежи нефти // Патент. – 2012.
8. Гилаев Г.Г., Исмагилов А.Ф. Мониторинг качества проектных решений и оптимизации проектируемых сооружений объектов капитального строительства в нефтяной отрасли // Нефтяное Хозяйство, 2015.
9. Гилаев Г.Г. Повышение эффективности выработки трудноизвлекаемых запасов на сложнопостроенных нефтегазовых месторождениях. – Краснодар : Издательство «Советская Кубань», 2003.
10. Гилаев Г.Г., Хабибуллин М.Я. Перспективы применения кислотного геля для закачки проппанта в процессе проведения гидроразрыва карбонатных пластов на территории Самарской области // Нефтяное хозяйство, 2020. – № 8. – С. 54–57.
11. Применение термостойких жидкостей глушения на основе нефтяных эмульсий / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2009. – № 8. – С. 64–67.
12. Нефтяные залежи в карбонатных отложениях фаменского яруса Самарской области: история открытия и перспективы поиска / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2013. – № 10. – С. 38–40.
13. Повышение эффективности использования химических реагентов в ОАО «НК «Роснефть» / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2012. – № 11. – С. 22–24.
14. Гилаев Г.Г. Развитие теории и практики добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на сложнопостроенных месторождениях // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Тюмень, 2004.
15. Гидравлический разрыв пласта как инструмент разработки месторождений Самарской области / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2014. – № 11. – С. 65–69.

16. Гилаев Г.Г. Исследование и разработка комплекса технологий изоляции водопритоков при строительстве и эксплуатации скважин // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тюменский индустриальный университет. – Тюмень, 1999.
17. Диагностирование глубинно-насосных скважин динамометрированием / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Ижевск, 2008.
18. Применение горизонтальных скважин с множественными трещинами ГРП для разработки низкопроницаемых пластов на примере опытного участка Приобского месторождения / Г.Г. Гилаев [и др.] // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». – 2012. – № 2 (27). – С. 22–26.
19. Разработка нефтяных месторождений Самарской области: от практики к стратегии / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Самара, 2014.
20. Устройство для закачки жидкости / Г.Г. Гилаев [и др.] // Патент. – 2004.
21. Мониторинг качества проектных решений и оптимизации проектируемых сооружений объектов капитального строительства в нефтяной отрасли / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2015. – № 8. – С. 94–97.
22. Выбор очередности и времени проведения геолого-технических мероприятий / Г.Г. Гилаев [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 9. – С. 31–33.
23. Гилаев Г.Г., Вартумян Г.Т., Арутюнян А.С. Краткий анализ исследований по гидродинамике горизонтальных скважин // В сборнике : Гипотезы, Поиск, Прогнозы. – Краснодар, 2002. – С. 308–314.
24. Актуальные проблемы разработки и эксплуатации Арланского нефтяного месторождения // Сборник научных трудов АНК «Башнефть». – Уфа, 2005. – № 103.
25. Анализ разработки и прогноза технологических показателей по месторождениям АНК Башнефть на период действия лицензионных соглашений: проект / АНК Башнефть. – Уфа, 1999. – 25 с.
26. Геологическое строение и разработка Арланского нефтяного месторождения / К.С. Баймухаметов [и др.]. – Уфа : РИЦ АНК «Башнефть», 2004.
27. Борхович С.Ю., Волков А.Я. Методические рекомендации и рабочая программа по дисциплине: Основы экономической деятельности предприятия. – Ижевск 2006. – 63 с.
28. Власенко, Е. В. Классификация гидроразрывов пласта. Проектирование операций ГРП // Молодой ученый. – 2019. – № 2 (240). – С. 16–18.
29. Геологический отчет НГДУ «Арланнефть» за 2011 год: отчет / НГДУ «Арланнефть»; пос. Редькино, 2011. – 74 с.
30. Гидроразрыв пласта в вертикальных и горизонтальных скважинах: учебники и учеб. пособ.д/ высшей школы(ВУЗы) / Г.Г. Гайсинович [и др.] // Ижевский институт компьютерных исследований, 2020. – 303 с.

#### **Literature:**

1. Development of technologies for increasing oil recovery / G.G. Gilaev [et al.] // 3rd International Conference «Development and production of hard-to-recover and high-viscosity oils». – Anapa, 2001.
2. Gilaev G.G. Management of technological processes for the intensification of oil production // Oil Economy, 2004.
3. Gilaev G.G., Antoniadi D.G. Oil production. Ground and underground equipment. – Krasnodar, 2003.
4. Gilaev G.G., Hasanov A.G. Device for cleaning wells // Patent. – 2006.
5. Gilaev G.G., Kovalev N.I. Reference manual on technology and technical means of oil production. – Krasnodar : Publishing house: LLC «Enlightenment – South», 2005.

6. Gilaev G.G., Pustovoy P.A. Choosing the order and time of geological and technical measures // Journal: «Construction of oil and gas wells on land and at sea». – Krasnodar, 2010
7. Gilaev G.G. Method of oil deposit development // Patent. – 2012.
8. Gilaev G.G., Ismagilov A.F. Monitoring the quality of design solutions and optimization of projected structures of capital construction facilities in the oil industry // Oil Industry, 2015.
9. Gilaev G.G. Improving the efficiency of production of hard-to-recover reserves at complex oil and gas fields. – Krasnodar : Publishing House «Sovetskaya Kuban», 2003.
10. Gilaev G.G., Khabibullin M.Ya. Prospects for the use of acid gel for pumping proppant in the process of hydraulic fracturing of carbonate formations on the territory of the Samara region // Oil industry, 2020. – № 8. – P. 54–57.
11. Application of heat-resistant silencing fluids based on petroleum emulsions / G.G. Gilaev [et al.] // Oil economy, 2009. – № 8. – P. 64–67.
12. Oil deposits in the carbonate deposits of the Famensky tier of the Samara region: the history of discovery and prospects of search / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry, 2013. – № 10. – P. 38–40.
13. Improving the efficiency of the use of chemical reagents in OAO NK Rosneft / G.G. Gilaev [et al.] // Oil Economy, 2012. – № 11. – P. 22–24.
14. Gilaev G.G. development of the theory and practice of extraction of unconventional hydrocarbons in complex fields // Thesis for the degree of doctor of technical science, Tyumen, 2004.
15. Hydraulic fracturing as a tool for developing fields of Samara region / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry, 2014. – № 11. – P. 65–69.
16. Gilaev G.G. Research and development of a complex of technologies for isolation of water flows during the construction and operation of wells // Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Tyumen Industrial University. – Tyumen, 1999.
17. Diagnostics of deep-pumping wells by dynamometry / G.G. Gilaev [et al.]. – Izhevsk, 2008.
18. Application of horizontal wells with multiple fractures of hydraulic fracturing for the development of low-permeable formations on the example of the experimental site of the Priobskoye field / G.G. Gilaev [et al.] // Scientific and Technical Bulletin of JSC «NK «Rosneft». – 2012. – № 2 (27). – P. 22–26.
19. Development of oil fields of the Samara region: from practice to strategy / G.G. Gilaev [et al.]. – Samara, 2014.
20. Device for liquid injection / G.G. Gilaev [et al.] // Patent. – 2004.
21. Monitoring the quality of design solutions and optimization of projected structures of capital construction facilities in the oil industry / G.G. Gilaev [et al.] // Oil economy, 2015. – № 8. – P. 94–97.
22. Choosing the order and time of geological and technical measures / G.G. Gilaev [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2010. – № 9. – P. 31–33.
23. Gilaev G.G., Vartumyan G.T., Harutyunyan A.S. A brief analysis of studies on the hydrodynamics of horizontal wells // In the collection: Hypotheses, Search, Forecasts. – Krasnodar, 2002. – P. 308–314.
24. Actual problems of development and exploitation of Arlanskoye oil field // Collection of scientific papers of ANK «Bashneft». – Ufa, 2005. – № 103.
25. Analysis of development and forecast of technological indicators for the fields of Bashneft for the period of license agreements: project / ANK Bashneft. – Ufa, 1999. – 25 p.
26. Geological structure and development of Arlanskoye oil field / K.S. Baimukhametov [et al.]. – Ufa : RIC Bashneft, 2004.

27. Borkhovich S.Y., Volkov A.Y. Methodological recommendations and working program on discipline: Fundamentals of economic activity of an enterprise. – Izhevsk, 2006. – 63 p.
28. Vlasenko E.V., Classification of Hydraulic Fracturing. Designing hydraulic fracturing operations // Young Scientist. – 2019. – № 2 (240). – P. 16–18.
29. Geological report of NGDU «Arlanefit» for 2011: report / NGDU «Arlanefit»; village Redkino, 2011. – 74 p.
30. Hydraulic Fracturing in Vertical and Horizontal Wells: Textbooks and Tutorials / G.G. Gaisinovich [et al.] / Izhevsk Institute of Computer Research, 2020. – 303 p.

**ОСОБЕННОСТИ БОРЬБЫ  
С ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯМИ НА СКВАЖИНАХ  
СЕВЕРО-ГРИВЕНСКОГО ГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

\*\*\*\*\*

**FEATURES OF THE STRUGGLE AGAINST SAND OCCURRENCES  
IN THE WELLS OF THE SEVERO-GRIVENSKOYE GAS FIELD**

**Гиляев Г.Г.**

профессор,  
институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Цыбульский Н.М.**

студент,  
институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема высокого содержания механических примесей в продукции скважин Северо-Гривенского газового месторождения. Проведен анализ различных методов борьбы с пескопроявлениями, выбрана группа наилучших методов для применения на скважинах Северо-Гривенского месторождения с учетом геологических и технологических особенностей их работы.

**Ключевые слова:** песчаник, эксплуатационная скважина, коллектор, пропласток, пескопроявление, механические примеси.

\*\*\*\*\*

**Gilaev G.G.**

Professor,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Tsibulskiy N.M.**

Student,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** The article deals with the problem of high content of mechanical impurities in the production of wells of the Severo-Grivenskoye gas field. The analysis of various methods of combating sand occurrences was carried out, a group of the best methods for application at the wells of the Severo-Grivenskoye field was selected, taking into account the geological and technological features of their work.

**Keywords:** sandstone, production well, reservoir, interlayer, sand occurrence, mechanical impurities.

\*\*\*\*\*

**Introduction**

**О**сновным осложнением эксплуатации скважин Северо-Гривенского месторождения является образование песчаных пробок в интервале перфорации и разрушение призабойной зоны пласта. Эффективные методы борьбы с пескопроявлением основаны на принципе предотвращения попадания песка в ствол скважины. Для этого используются химические, физико-химические, механические методы и их комбинации

для закрепления пород пласта в призабойной зоне. Механические процессы включают песчаные фильтры различных типов. Это гравийные отложения, каркасный щебень, многослойные сетки, гравийные набивки и т.д. Физико-химические методы включают методы защиты пластов коксованием нефти в призабойной зоне и сочетание физических и химических методов, таких как создание проппантного фильтра в призабойной зоне. Химические процессы основаны на искусственном уплотнении зоны пласта ствола скважины смолами, цементом с подходящими заполнителями [1–14].

Каждый из существующих методов борьбы с пескопроявлением имеет свои положительные и отрицательные стороны, а также особенности, которые необходимо учитывать при его выборе и дальнейшей эксплуатации [1–8].

### **Material sand methods**

Механические процессы имеют значительное преимущество перед физико-химическими и химическими процессами. Это связано с простотой температуры рабочей среды, а также стойкостью к агрессивным средам, в то время как в физико-химических и, прежде всего, химических процессах температура может играть решающую роль. В то же время фильтры имеют ряд недостатков, важнейшими из которых являются незащищенность от разрушения призабойной зоны, труднодоступность участка фильтра для прочих работ и операций, а также постепенный износ и снижение пропускной способности фильтра [8–22].

Физико-химические методы более эффективны, чем механические, но их применение довольно сложно из-за сложности технологии. Например, коксование нефти применимо в призабойной зоне питтинга на ранних стадиях разработки, что не позволяет использовать его повсеместно [4, 14, 16–23].

### **Results**

Химические методы очень разнообразны, поскольку существует большинство способов борьбы с образованием песка. Также при необходимости можно повторно прокачать выбранную смесь для обновления и восстановления воздействия состава на зону формирования ствола скважины. Еще одним важным преимуществом этих методов является общее затвердевание породы в призабойной зоне, что временно снижает или даже останавливает ее разрушение [10–16].

Одним из основных недостатков химических методов является использование различных токсичных веществ, что значительно затрудняет работу с ними. Еще один недостаток – снижение проницаемости нижней зоны питтинга при использовании некоторых смесей. При использовании эпоксидных смол конечная проницаемость составляет, например, около 67 % от начальной проницаемости. А использование полиуретановых смол приводит к значительному снижению проницаемости на 36 % для воды и 61 % для газа [20–23].

### **Conclusion**

Принимая во внимание все эти факторы, рекомендуется использовать химические методы борьбы с пескопроявлением на Северо-Гривенском месторождении, так как скважины находятся на поздней стадии эксплуатации, что может привести к обрушению породы при использовании фильтров. При этом применение физико-химических методов является гораздо более затруднительным по сравнению с химическими. В связи с этим задачи по улучшению условий эксплуатации объектов нефтегазового комплекса требуют привлечения современных и наиболее безопасных технологий и материалов [8–13].

### **Литература:**

1. Развитие технологий увеличения нефтеотдачи пластов / Г.Г. Гиляев [и др.] // 3-я Международная конференция «Освоение и добыча трудноизвлекаемых и высоковязких нефтей». – Анапа, 2001.

2. Гилаев Г.Г. Управление технологическими процессами по интенсификации добычи нефти // Нефтяное Хозяйство, 2004.
3. Гилаев Г.Г., Антониади Д.Г. Добыча нефти. Наземное и подземное оборудование. – Краснодар, 2003.
4. Гилаев Г.Г., Гасанов А.Г. Устройство для чистки скважины // Патент. – 2006.
5. Гилаев Г.Г., Ковалев Н.И. Справочное пособие по технологии и техническим средствам добычи нефти. – Краснодар : Издательство: ООО «Просвещение – Юг», 2005.
6. Гилаев Г.Г., Пустовой П.А. Выбор очередности и времени проведения геолого-технических мероприятий // Журнал: «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море». – Краснодар, 2010.
7. Гилаев Г.Г. Способ разработки залежи нефти // Патент. – 2012.
8. Гилаев Г.Г., Исмагилов А.Ф. Мониторинг качества проектных решений и оптимизации проектируемых сооружений объектов капитального строительства в нефтяной отрасли // Нефтяное Хозяйство, 2015.
9. Гилаев Г.Г. Повышение эффективности выработки трудноизвлекаемых запасов на сложнопостроенных нефтегазовых месторождениях. – Краснодар : Издательство «Советская Кубань», 2003.
10. Гилаев Г.Г., Хабибуллин М.Я. Перспективы применения кислотного геля для закачки пропанта в процессе проведения гидроразрыва карбонатных пластов на территории Самарской области // Нефтяное хозяйство, 2020. – № 8. – С. 54–57.
11. Применение термостойких жидкостей глушения на основе нефтяных эмульсий / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2009. – № 8. – С. 64–67.
12. Нефтяные залежи в карбонатных отложениях фаменского яруса Самарской области: история открытия и перспективы поиска / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2013. – № 10. – С. 38–40.
13. Повышение эффективности использования химических реагентов в ОАО «НК «Роснефть» / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2012. – № 11. – С. 22–24.
14. Гилаев Г.Г. Развитие теории и практики добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на сложнопостроенных месторождениях // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Тюмень, 2004.
15. Гидравлический разрыв пласта как инструмент разработки месторождений Самарской области / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2014. – № 11. – С. 65–69.
16. Гилаев Г.Г. Исследование и разработка комплекса технологий изоляции водопритоков при строительстве и эксплуатации скважин // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тюменский индустриальный университет. – Тюмень, 1999.
17. Диагностирование глубинно-насосных скважин динамометрированием / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Ижевск, 2008.
18. Применение горизонтальных скважин с множественными трещинами ГРП для разработки низкопроницаемых пластов на примере опытного участка Приобского месторождения / Г.Г. Гилаев [и др.] // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». – 2012. – № 2 (27). – С. 22–26.
19. Разработка нефтяных месторождений Самарской области: от практики к стратегии / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Самара, 2014.
20. Устройство для закачки жидкости / Г.Г. Гилаев [и др.] // Патент. – 2004.
21. Мониторинг качества проектных решений и оптимизации проектируемых сооружений объектов капитального строительства в нефтяной отрасли / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2015. – № 8. – С. 94–97.
22. Выбор очередности и времени проведения геолого-технических мероприятий / Г.Г. Гилаев [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 9. – С. 31–33.

23. Гилаев Г.Г., Вартумян Г.Т., Арутюнян А.С. Краткий анализ исследований по гидродинамике горизонтальных скважин // В сборнике : Гипотезы, Поиск, Прогнозы. – Краснодар, 2002. – С. 308–314.
24. Технологический проект разработки Северо-Гривенского месторождения: отчет по договору № 1 ИТЦ/10.10-06/ДС-ПРОЧ/0027/ филиал ООО «Газпром добыча Краснодар» – Инженерно-технический центр; рук. Д.В. Будников; исп. Д.И. Кравцов [и др.]. – Краснодар, 2010. – 400 с.
25. Обобщение результатов поисково-разведочного бурения с оценкой запасов газа по Северо-Гривенской площади [Текст]: отчет по теме 4-91-ТП/ НТЦ ООО «Кубаньгазпром»; исп. А.А. Денисенко. – Краснодар, 1991. – 210 с.
26. Обоснование по пересчету начальных запасов газа поднятия II Северо-Гривенского месторождения [Текст] : НТЦ ООО «Кубаньгазпром»; исп. А.А. Денисенко. – Краснодар, 2005. – 421 с.
27. Обоснование по пересчету начальных запасов газа поднятия III Северо-Гривенского месторождения [Текст]: отчет по теме Г-06-99/ НТЦ ООО «Кубаньгазпром»; исп. А.А. Денисенко. – Краснодар, 1999. – 321 с.
28. Проект разработки Северо-Гривенского месторождения [Текст] / Отчет по договору 5К/99.99/ СевКавНИПИГаз; рук. Л.А. Ильченко [и др.]. – Ставрополь, 1999. – 132 с.
29. Дополнение к проекту разработки Северо-Гривенского месторождения [Текст] / Отчет по договору 5К/05.05/ СевКавНИПИГаз; рук. Л.А. Ильченко [и др.]. – Ставрополь, 2005. – 205 с.
30. Методические рекомендации по обоснованию и определению технологических потерь газа, газового конденсата и попутного газа при добыче, технологически связанных с принятой схемой и технологией разработки месторождения; утв. Министерством энергетики РФ, 30.06.2012.

#### **Literature:**

1. Development of technologies for increasing oil recovery / G.G. Gilaev [et al.] // 3rd International Conference «Development and production of hard-to-recover and high-viscosity oils». – Anapa, 2001.
2. Gilaev G.G. Management of technological processes for the intensification of oil production // Oil Economy, 2004.
3. Gilaev G.G., Antoniadis D.G. Oil production. Ground and underground equipment. – Krasnodar, 2003.
4. Gilaev G.G., Hasanov A.G. Device for cleaning wells // Patent. – 2006.
5. Gilaev G.G., Kovalev N.I. Reference manual on technology and technical means of oil production. – Krasnodar : Publishing house: LLC «Enlightenment – South», 2005.
6. Gilaev G.G., Pustovoy P.A. Choosing the order and time of geological and technical measures // Journal: «Construction of oil and gas wells on land and at sea». – Krasnodar, 2010
7. Gilaev G.G. Method of oil deposit development // Patent. – 2012.
8. Gilaev G.G., Ismagilov A.F. Monitoring the quality of design solutions and optimization of projected structures of capital construction facilities in the oil industry // Oil Industry, 2015.
9. Gilaev G.G. Improving the efficiency of production of hard-to-recover reserves at complex oil and gas fields. – Krasnodar : Publishing House «Sovetskaya Kuban», 2003.
10. Gilaev G.G., Khabibullin M.Ya. Prospects for the use of acid gel for pumping proppant in the process of hydraulic fracturing of carbonate formations on the territory of the Samara region // Oil industry, 2020. – № 8. – P. 54–57.
11. Application of heat-resistant silencing fluids based on petroleum emulsions / G.G. Gilaev [et al.] // Oil economy, 2009. – № 8. – P. 64–67.



12. Oil deposits in the carbonate deposits of the Famensky tier of the Samara region: the history of discovery and prospects of search / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry, 2013. – № 10. – P. 38–40.
13. Improving the efficiency of the use of chemical reagents in OAO NK Rosneft / G.G. Gilaev [et al.] // Oil Economy, 2012. – № 11. – P. 22–24.
14. Gilaev G.G. development of the theory and practice of extraction of unconventional hydrocarbons in complex fields // Thesis for the degree of doctor of technical science, Tyumen, 2004.
15. Hydraulic fracturing as a tool for developing fields of Samara region / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry, 2014. – № 11. – P. 65–69.
16. Gilaev G.G. Research and development of a complex of technologies for isolation of water flows during the construction and operation of wells // Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Tyumen Industrial University. – Tyumen, 1999.
17. Diagnostics of deep-pumping wells by dynamometry / G.G. Gilaev [et al.]. – Izhevsk, 2008.
18. Application of horizontal wells with multiple fractures of hydraulic fracturing for the development of low-permeable formations on the example of the experimental site of the Priobskoye field / G.G. Gilaev [et al.] // Scientific and Technical Bulletin of JSC «NK «Rosneft». – 2012. – № 2 (27). – P. 22–26.
19. Development of oil fields of the Samara region: from practice to strategy / G.G. Gilaev [et al.]. – Samara, 2014.
20. Device for liquid injection / G.G. Gilaev [et al.] // Patent. – 2004.
21. Monitoring the quality of design solutions and optimization of projected structures of capital construction facilities in the oil industry / G.G. Gilaev [et al.] // Oil economy, 2015. – № 8. – P. 94–97.
22. Choosing the order and time of geological and technical measures / G.G. Gilaev [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2010. – № 9. – P. 31–33.
23. Gilaev G.G., Vartumyan G.T., Harutyunyan A.S. A brief analysis of studies on the hydrodynamics of horizontal wells // In the collection: Hypotheses, Search, Forecasts. – Krasnodar, 2002. – P. 308–314.
24. Technological project of the Severo-Grivenskoye field development: Report under the contract № 1 ITC/10.10-06/DS-PROCH/0027/ Branch of Gazprom dobycha Krasnodar - Engineering and Technical Center; Man. D.V. Budnikov; executor D.I. Kravtsov [et al.]. – Krasnodar, 2010. – 400 p.
25. Summary of the results of prospect and exploration drilling with estimation of gas reserves of the Severo-Grivenskaya area [Text]: Report on the topic 4-91-TP / STC LLC «Kubangazprom»; Acting A.A. Denisenko. – Krasnodar, 1991. – 210 p.
26. Substantiation of initial gas reserves calculation for elevation II of the Severo-Grivenskoye field [Text] : Kubangazprom STC; signed by A.A. Denisenko. – Krasnodar, 2005. – 421 p.
27. Substantiation of the recalculation of the initial gas reserves of the North-Grivenskoye field uplift III [Text]: Report on the topic G-06-99 / STC LLC «Kubangazprom»; Tested A.A. Denisenko. – Krasnodar, 1999. – 321 p.
28. Project of the Severo-Grivenskoye field development [Text] / Report under the contract 5K/99.99/ SevKavNIPigaz; supervised by L.A. Ilchenko [et al.]. – Stavropol, 1999. – 132 p.
29. Addendum to the project of North-Grivenskoye field development [Text] / Report as per contract 5K/05.05/ SevKavNIPigaz; supervised by L.A. Ilchenko [et al.]. – Stavropol, 2005. – 205 p.
30. Methodical recommendations on justification and determination of technological losses of gas, gas condensate and associated gas during production, technologically related to the adopted scheme and technology of field development; approved by the Ministry of Energy of the Russian Federation, 30.06.2012.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОФОБИЗИРОВАННОГО ЭМУЛЬСИОННОГО КИСЛОТНОГО СОСТАВА (ГЭКС) ДЛЯ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

\*\*\*\*\*

## APPLICATION OF HYDROPHOBIZED EMULSION ACID COMPOSITION (GEKS) FOR COMPLEX CARBONATE RESERVOIRS

**Гиляев Г.Г.**

профессор,  
институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Сыщенко В.В.**

институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** Данная технология позволяет увеличить эффективность кислотных обработок призабойной зоны пласта на нефтяных месторождениях со сложнопостроенными карбонатными коллекторами, путем использования гидрофобизированной кислотной эмульсии и активного кислотного состава при обработке призабойной зоны пласта за счет выравнивания фронта и увеличения глубины кислотного воздействия.

**Ключевые слова:** ГЭКС, карбонатные коллектора, кислотная обработка, ПЗП.

\*\*\*\*\*

**Gilaev G.G.**

Professor,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Syshchenko V.V.**

Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** This technology makes it possible to increase the efficiency of acid treatments of the bottom-hole formation zone in oil fields with complex carbonate reservoirs by using a hydrophobized acid emulsion and an active acid composition when processing the bottom-hole formation zone by leveling the front and increasing the depth of acid exposure.

**Keywords:** GEKS, carbonate reservoirs, acid treatment, PZP.

\*\*\*\*\*

**Введение.** Успех разработки месторождений зависит от производительности скважин в течение всего времени эксплуатации. Повышение продуктивности и снижение скин-эффекта достигается проведением кислотной обработки, основной принцип действия которой – растворение породы для образования техногенной сети микроканалов в призабойной зоне пласта (ПЗП), что позволяет поддерживать темпы отбора на запланированном уровне в течение продолжительного периода времени [5].

Эффективность кислотных обработок (КО) зависит в первую очередь от глубины проникновения кислоты в пласт и от полноты растворения в кислотном растворе коллектора. В процессе обработки призабойной зоны пласта чистой соляной кислотой максимальное ее воздействие на породу происходит в прискважинной зоне [4]. В удаленной же зоне пласта реакция кислоты с породой идет менее интенсивно ввиду потери части ее активности. В результате этого прискважинная зона будет обрабатываться более интен-

сивно с формированием максимального числа каналов растворения в ущерб интенсивности формирования последних в удаленной зоне пласта. Поэтому эффективность КО быстро снижается с ростом повторных обработок, проведенных на одной скважине. Отсюда очевидна необходимость торможения химического взаимодействия между кислотой и породой. Для этого на практике широко применяются так называемые «замедлители» и «отклонители» кислоты. Актуальность разработки таких технологий особенно возрастает в сложнопостроенных карбонатных коллекторах.

**Методология.** Для проведения успешной операции по обработке продуктивных залежей кислотными составами предлагается использовать две технологии, которые выбираются с учетом расположения карбонатных коллекторов разной проницаемости.

Высокопроницаемый пласт залегает выше низкопроницаемого.

Верхняя высокопроницаемая залежь является интервалом поглощения закачиваемого флюида, что не дает реагентам попадать в нижележащую залежь с значительно меньшей проницаемостью. Для этого случая последовательность этапов технологии и рабочие жидкости будут следующие:

1. Закачка через НКТ расчетного объема подобранного кислотного состава в скважину.
2. Закачка и продавка расчетного объема эмульсии «нефть в кислоте» в высокопроницаемый пласт.
3. Промывка с обеспечением циркуляции подобранного КС.
4. Закачка и продавка расчетного объема подобранного КС в низкопроницаемый пласт.
5. Вызов притока.

Такая последовательность этапов позволит изначально попасть кислотному составу преимущественно в удаленные зоны высокопроницаемого пласта, а нижний интервал остается не вовлеченным в процесс КО. Последующая закачка разработанной эмульсии гидрофобизированного эмульсионного кислотного состава закупоривает трещины, пустоты и червоточины в силу своей высокой вязкости, что позволит направлять подобранный кислотный состав обход зоны поглощения. Прокачка подобранного кислотного состава вымывает эмульсию из ствола скважины путем циркуляции жидкости на забое и под давлением продавливается в низкопроницаемый пласт, который в предшествующих этапах не был охвачен воздействием. Последний этап представляет собой промывку скважины и вызов притока с извлечением блокирующей эмульсии и прореагировавшей кислоты с продуктами реакции из ПЗП. В результате возможно обработать два вскрытых продуктивных пласта значительно разной проницаемости без использования дополнительного оборудования.

Высокопроницаемый пласт залегает ниже низкопроницаемого.

В этом случае нижерасположенная высокопроницаемая залежь по-прежнему является интервалом поглощения закачиваемого флюида. Однако последовательность этапов иная:

1. Закачка через НКТ расчетного объема подобранного кислотного состава в высокопроницаемый пласт.
2. Закачка расчетного объема эмульсии «нефть в кислоте» в скважину.
3. Продавка кислотной эмульсии расчетным объемом подобранного КС в высокопроницаемый пласт.
4. Продавка расчетного объема подобранного КС в низкопроницаемый пласт.
5. Вызов притока.

Таким образом, предложены технологии интенсификации притока нефти из пластов со значительно отличающейся проницаемостью без использования пакерного оборудования. Основной эффект достигается путем использования активных жидкостей с различными реологическими свойствами и последовательностью их закачки.

**Принцип действия ГЭКС.** Кислотная обработка призабойной зоны пласта является одним из традиционных и общепринятых способов восстановления фильтрационно-ёмкостных свойств призабойной зоны пласта путем растворения породы и последующего образования высокопроницаемых каналов (червоточин). В целях максимизации эффекта от обработки активная часть состава (кислота) должна быть перераспределена для равномерной обработки всех закольматированных зон, а весь состав после отработки должен быть легко извлекаем на этапе промывки и освоения после операции [6]. Цель применения гидрофобизированного эмульсионного кислотного состава заключается в оптимизации процесса отклонения кислоты в целевой интервал скважины, вскрывающей несколько пропластков со значимым отличием ФЕС, таким образом, чтобы КО одинаково эффективно воздействовала на все вскрытые продуктивные горизонты [1].

ГЭКС благодаря механизму самоотклонения блокирует проникновение раствора в трещины и пустоты, а также равномерно распределяется по незадействованным ранее в обработку зонам. В качестве гидрофобного ПАВ применяется «GF-15 MPS» поскольку является достаточно доступным гидрофобизатором как в России, так и в Иране. ПАВ после проведения кислотной обработки позволит избежать преждевременного обводнения интервала обработки за счет гидрофобной молекулярной пленки между поверхностью горной породы и КС. Для предлагаемой технологии возможно использовать любой ПАВ гидрофобизатор, главное подобрать его оптимальную концентрацию. Дизайн многостадийной КО выглядит следующим образом: ввод ГЭКС в качестве первой партии, а вторая партия может быть  $\text{HCl}$ ,  $\text{HCl}^+$  органические кислоты или  $\text{HCl}^+$  пролонгатор (для карбонатных коллекторов).

Таким образом благодаря своей высокой вязкости ГЭКС блокирует пустоты, трещины и червоточины и выполняет роль химического пакера для закачки второй партии (активной части). Это позволяет кислотному составу распределяться по необработанным зонам и создавать новые червоточины.

**Выводы.** Основной целью проведения КО является создание сети высокопроницаемых каналов в ПЗП путем растворения породы. Для достижения наиболее эффективной и оптимальной формы и размеров червоточин необходимо учитывать множество факторов. Важный аспект, который необходимо учитывать – это направление потока кислотного состава в ПЗП. Особенно важно это для скважин, вскрывающих несколько продуктивных горизонтов с различными сильно отличающимися ФЕС, где существует риск ухода КС в зоны поглощения, оставляя низкопроницаемые и наиболее загрязненные зоны необработанными [2].

Для увеличения глубины образующихся каналов после КО необходимо замедлять скорость реакции КС с породой, модифицировать КС таким образом, чтобы он сохранял кислотность как можно дольше. Соляная кислота обладает высокой растворяющей способностью, поэтому является наиболее распространенным реагентом при проведении ОПЗ в карбонатных коллекторах.

Существует две характеристики, которые ограничивают применение соляной кислоты: 1) скорость реакции; 2) коррозионная активность. Один из рекомендуемых подходов – это использование эмульгированных КС. Технология применения эмульсированного КС для ОПЗ не только позволяет расширить глубину проникновения кислотного фронта в пласт, но и снизить коррозионную активность закачиваемой жидкости.

Благодаря высокой вязкости кислотные эмульсии также обладают высоким коэффициентом вытеснения по сравнению с чистыми растворами кислот, что снижает скорость реакции КС с породой, увеличивая длину образующихся червоточин в ПЗП. Для повышения эффективности КО и увеличения предела изменения продуктивности скважины по результатам ОПЗ в КС добавляют ПАВ и органические кислоты, что превращает КС в буферную систему отложенного действия, пролонгируя её эффект [3].

Таким образом, гидрофобизированный эмульсионный кислотный состав позволяет оптимизировать процесс отклонения кислоты в целевой интервал скважины, вскрывающей несколько пропластков со значимым отличием ФЕС, так, чтобы КО одинаково эффективно воздействовала на все вскрытые продуктивные горизонты.

#### **Литература:**

1. Состав для кислотной обработки призабойной зоны пласта / Н.А. Останков [и др.] // Патент на изобретение RU 2641044 С1, 15.01.2018. Заявка № 2017100423 от 09.01.2017.
2. Гилаев Г.Г., Сулейманов Р.И. Совершенствование оборудования для термокислотного импульсного воздействия // В сборнике: Современные технологии в нефтегазовом деле – 2020. Сборник трудов международной научно-технической конференции. – 2020. – С. 361–367.
3. Гилаев Г.Г., Хабибуллин М.Я., Гилаев Г.Г. Перспективы применения кислотного геля для закачки проппанта в процессе проведения гидроразрыва карбонатных пластов на территории Самарской области // Нефтяное хозяйство, 2020. – № 8. – С. 54–57.
4. Гилаев Г.Г., Сулейманов Р.И. Оборудование для термокислотного импульсирования // В сборнике: современные технологии в нефтегазовом деле – 2020. Сборник трудов международной научно-технической конференции. – 2020. – С. 341–345.
5. Разработка нефтяных месторождений самарской области: от практики к стратегии / Г.Г. Гилаев [и др.] // Издательство: Издательский дом «Нефть. Газ. Новации». – Самара, 2014.
6. Гилаев Г.Г. Развитие теории и практики добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на сложнопостроенных месторождениях: диссертация. – Тюмень, 2004.
7. Гилаев Г.Г., Горбунов В.В., Гень О.П. Внедрение новых технологий повышения эффективности работы скважин на месторождениях ОАО «НК «Роснефть»-Краснодарнефтегаз» // Нефтяное хозяйство, 2005.
8. Начало нового этапа в освоении месторождений высоковязких нефтей и природных битумов в России / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2011. – № 6. – С. 6–9.
9. Гилаев Г.Г. Методы борьбы с основными видами осложнений при эксплуатации скважин // Нефтяное хозяйство, 2020. – № 4. – С. 62–66.
10. Система бюджетирования на предприятии как инструмент управления / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2009. – № 10. – С. 16–18.
11. Вопросы эксплуатации пескопроявляющих пластов / В.Ю. Близнюков [и др.] // Влияние пластового давления на вынос песка из коллектора при эксплуатации добывающих скважин. Инженер-нефтяник. – 2010. – № 1. – С. 11–22.
12. Новые технологические процессы разработки залежей высоковязких нефтей ОАО «Удмуртнефть, ОАО «РосНИПИтермнефть» / В.И. Кудинов [и др.] // Сборник докладов I Международной конференции, пос. Шепси, Краснодарский край, 16-20 июня 1997 г.
13. Мониторинг качества проектных решений и оптимизации проектируемых сооружений объектов капитального строительства в нефтяной отрасли / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство, 2015. – № 8. – С. 94–97.
14. Толковый словарь по термическим методам воздействия на нефтяные пласты / Д.Г. Антониади [и др.]. – Краснодар, 2002.
15. О необходимости повышения роли научных исследований и качественного информационного обеспечения при проектировании разработки и наземного обустройства месторождений / А.В. Гришагин [и др.] // Экспозиция Нефть Газ. – 2018. –

№ 4 (64). – С. 45–50.

16. Опыт и результаты системного совершенствования традиционных технологий строительства нефтяных и газовых скважин / В.Н. Поляков [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2018. – № 12. – С. 13–18.

17. Способ рекультивации земель, занятых шламовыми амбарами / Г.Г. Гилаев [и др.] // Патент на изобретение RU 2564839 C1, 10.10.2015. Заявка № 2014111363/13 от 25.03.2014.

18. Устройство для закачки жидкости / Г.Г. Гилаев [и др.] // Патент на изобретение RU 2241825 C2, 10.12.2004. Заявка № 2003104370/03 от 13.02.2003.

19. Способ изоляции интервала негерметичности обсадной колонны в скважине / Т.В. Хисметов [и др.] // Патент на изобретение RU 2254443 C1, 20.06.2005. Заявка № 2004126020/03 от 26.08.2004.

20. Многослойная тепловая изоляция / Д.Г. Антониади [и др.] // Патент на изобретение RU 2249755 C2, 10.04.2005. Заявка № 2002117208/06 от 27.06.2002.

21. Лядов Б.С., Кошелев А.Т., Гилаев Г.Г. Способ обработки нагнетательных скважин // Патент на изобретение RU 2131022 C1, 27.05.1999. Заявка № 98100577/03 от 13.01.1998.

22. Сепарационная установка / Г.Г. Гилаев [и др.] // Патент на полезную модель RU 156255 U1, 10.11.2015. Заявка № 2015118787/05 от 19.05.2015.

23. Установка для подготовки попутного нефтяного газа к транспортировке трубопроводным транспортом / Г.Г. Гилаев [и др.] // Патент на полезную модель RU 118564 U1, 27.07.2012. Заявка № 2012104569/05 от 06.02.2012.

24. Гидроразрыв пласта в вертикальных и горизонтальных скважинах / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Ижевск, 2020.

25. Диагностирование глубинно-насосных скважин динамометрированием / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Ижевск, 2008.

26. Разработка нефтяных месторождений самарской области: от практики к стратегии / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Самара, 2014.

#### **Literature:**

1. Composition for acid treatment of the bottom-hole zone of the formation / N.A. Ostankov [et al.] // Patent for the invention RU 2641044 C1, 15.01.2018. Application № 2017100423 dated 09.01.2017.

2. Gilaev G.G., Suleymanov R.I. Improvement of equipment for thermal acid pulse exposure // In the collection: modern technologies in oil and gas business – 2020. Proceedings of the international scientific and technical conference. – 2020. – P. 361–367.

3. Gilaev G.G., Khabibullin M.Ya., Gilaev G.G. Prospects for the use of acid gel for pumping proppant in the process of hydraulic fracturing of carbonate formations in the Samara region // Oil industry, 2020. – № 8. – P. 54–57.

4. Gilaev G.G., Suleymanov R.I. Equipment for thermal acid pulsing // In the collection: modern technologies in oil and gas business – 2020. Proceedings of the international scientific and technical conference. – 2020. – P. 341–345.

5. Development of oil fields in the Samara region: from practice to strategy / G.G. Gilaev [et al.]. – Samara, 2014.

6. Gilaev G.G. Development of theory and practice of extraction of hard-to-recover hydrocarbon reserves in complex fields. abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences // Tyumen State Oil and Gas University. – Tyumen, 2004.

7. Gilaev G.G., Gorbunov V.V., Gen O.P. Introduction of new technologies to improve the efficiency of wells at the fields of Rosneft-Krasnodarneftegaz // Oil industry, 2005. – № 8. – P. 86–89.

8. The beginning of a new stage in the development of deposits of high-viscosity oils and natural bitumen in Russia / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry, 2011. – № 6. – P. 6–9.
9. Gilaev G.G. Methods of combating the main types of complications during well operation // Oil industry, 2020. – № 4. – P. 62–66.
10. The budgeting system at the enterprise as a management tool / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry, 2009. – № 10. – P. 16–18.
11. Issues of operation of sand-revealing formations / V.Yu. Bliznyukov [et al.] // The effect of reservoir pressure on the removal of sand from the reservoir during the operation of producing wells. Oil engineer. – 2010. – № 1. – P. 11–22.
12. New technological processes for the development of deposits of high-viscosity oils. JSC Udmurtneft, JSC Rosnikipitermneft. / V.I. Kudinov [et al.] // Collection of reports of the International Conference ya, pos. Shepsi, Krasnodar Territory, June 16–20, 1997.
13. Monitoring the quality of design solutions and optimization of projected structures of capital construction facilities in the oil industry / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry, 2015. – № 8. – P. 94–97.
14. Explanatory dictionary on thermal methods of impact on oil reservoirs / D.G. Antoniadi [et al.]. – Krasnodar, 2002.
15. On the need to increase the role of scientific research and high-quality information support in the design of development and onshore development of deposits / A.V. Grishagin [et al.] // The Oil and Gas exposition. – 2018. – № 4 (64). – P. 45–50.
16. Experience and results of systematic improvement of traditional technologies for the construction of oil and gas wells / V.N. Polyakov [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2018. – № 12. – P. 13–18.
17. Method of recultivation of lands occupied by slurry barns / G.G. Gilaev [et al.] // Patent for the invention RU 2564839 C1, 10.10.2015. Application № 2014111363/13 dated 25.03.2014.
18. Device for liquid injection / G.G. Gilaev [et al.] // Patent for invention RU 2241825 C2, 10.12.2004. Application № 2003104370/03 dated 02/13/2003.
19. Method of isolation of the casing leak interval in the well / T.V. Khismetov [et al.] // Patent for the invention RU 2254443 C1, 06/20/2005. Application № 2004126020/03 dated 26.08.2004.
20. Multilayer thermal insulation / D.G. Antoniadi [et al.] // Patent for the invention RU 2249755 C2, 10.04.2005. Application № 2002117208/06 dated 27.06.2002.
21. Lyadov B.S., Koshelev A.T., Gilaev G.G. Method of processing injection wells // Patent for the invention RU 2131022 C1, 05/27/1999. Application № 98100577/03 dated 13.01.1998.
22. Separation unit / G.G. Gilaev [et al.] // Utility model patent RU 156255 U1, 10.11.2015. Application № 2015118787/05 dated 05/19/2015.
23. Installation for the preparation of associated petroleum gas for pipeline transportation / G.G. Gilaev [et al.] // Utility model patent RU 118564 U1, 27.07.2012. Application № 2012104569/05 dated 06.02.2012.
24. Hydraulic fracturing in vertical and horizontal wells / G.G. Gilaev [et al.]. – Izhevsk, 2020.
25. Diagnostics of deep-pumping wells by dynamometry / G.G. Gilaev [et al.]. – Izhevsk, 2008.
26. Development of oil fields in the Samara region: from practice to strategy / G.G. Gilaev [et al.]. – Samara, 2014.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ТОВАРНЫХ НЕФТЕЙ

\*\*\*\*\*

## CLASSIFICATION OF COMMERCIAL OIL

### **Данчина Яна Владимировна**

студентка направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
danchina\_yana@mail.ru

### **Шиян Станислав Иванович**

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

### **Малышкова Марина Леонидовна**

студентка направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
института нефти, газа и энергетики  
Кубанский государственный технологический университет  
marmal2311@gmail.com

### **Шавинян Давид Камоевич**

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

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены классы, типы, группы и виды товарных нефтей, а также приведена их классификация. Также описан прием партий нефти и рассмотрены испытания, проводимые для проверки соответствия стандартам.

**Ключевые слова:** товарная нефть, класс, тип, плотность, выход фракций, содержание парафина, группа, вид, сероводород, легкие меркаптаны, массовые доли, качество нефти.

\*\*\*\*\*

### **Danchina Yana Vladimirovna**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Business»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
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

### **Malyshkova Marina Leonidovna**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Business»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
marmal2311@gmail.com



## Shavinyan David Kamoevich

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Business»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
shavinyan.@mail.ru

**Annotation.** His article discusses the classes, types, groups and types of commercial oils, as well as their classification. It also describes the acceptance of batches of oil and reviews the tests carried out to verify compliance with the standards.

**Keywords:** commercial oil, class, type, density, fraction yield, paraffin content, group, type, hydrogen sulfide, light mercaptans, mass fractions, oil quality.

\*\*\*\*\*

Различают два вида нефти: сырые и товарные. Сырая нефть – это природная смесь углеводородов, содержащая растворенный газ, воду, минеральные соли, механические примеси и служащая основным сырьем для производства бензина, керосина, смазочных масел, битума, кокса и т.п., иными словами, сырая нефть – жидкость, извлекаемая из скважин на промыслах и не прошедшая промысловую подготовку. Товарная нефть – нефть, подготовленная к поставке в соответствии с требованиями нормативных и технических документов.

Согласно ГОСТ Р51858 – 2002 «Нефть. Общие технические условия» товарные нефти делятся на классы, типы, группы и виды.

Класс товарной нефти устанавливается в зависимости от содержания в ней серы. Всего существует четырехклассов: 1-й класс – малосернистая (массовая доля серы не более 0,60 %); 2-й класс – сернистая (серы от 0,61 до 1,80 % включительно); 3-й класс – высокосернистая (серы от 1,81 до 3,50 % включительно) и 4-й класс – особо высокосернистая (серы более 3,50 %).

Тип товарной нефти для российских потребителей определяют по ее плотности, а если нефть идет на экспорт, то учитываются выход фракций и содержание парафина. Есть пять типов нефти: 0 – особо легкая; 1 – легкая; 2 – средняя; 3 – тяжелая; 4 – битуминозная (табл. 1).

**Таблица 1** – Типы товарной нефти

Наименование показателя	Нормативная величина показателя для типа нефти				
	0	1	2	3	4
1. Плотность, кг/м <sup>3</sup> : при 20 °С при 15 °С	830 и менее 833,7 и менее	свыше 830,0 до 850,0 свыше 833,7 до 853,6	свыше 850,0 до 870,0 свыше 853,6 До 873,5	свыше 870,0 до 895,0 свыше 873,5 до 898,4	более 895,0 более 898,4
2. Выход фракций, % (не менее) до 200°С до 300°С	30 52	27 47	21 42	– –	– –
3. Массовая доля парафина, % (не более)	6	6	6	–	–

### Примечания:

1. Определение плотности при 20 °С было обязательным до 01.01.2004 г., определение плотности при 15 °С обязательно с 01.01.2004 г.
2. Выход фракций и содержание парафина определяются только для нефтей, поставляемых на экспорт.

Тип нефти, предназначенной для экспорта, устанавливается по худшему показателю. Если по плотности нефть относится к первому типу, а по выходу фракций – ко второму, то ее считают нефтью 2-го типа. При этом массовое содержание парафина в экспортной нефти не должно превышать 2 %.

Группа товарной нефти устанавливается в зависимости от степени ее подготовки (табл. 2). Чем больше номер группы, тем выше допустимое массовое содержание воды и хлористых солей. При этом, независимо от группы, содержание механических примесей не должно превышать 0,05 %, а давление насыщенных паров при 38 °С – 66700 Па.

Группа нефти устанавливается так же, как и тип нефти.

**Таблица 2** – Группы товарной нефти

Наименование показателя	Нормативная величина показателя группы нефти		
	1	2	3
Массовая доля воды, % (не более)	0,5	0,5	1,0
Концентрация хлористых солей, мг/л (не более)	100	300	900
Массовая доля механических примесей, % (не более)	0,05		
Давление насыщенных паров, Па (не более)	66700		

**Примечание.** Массовая доля органических хлоридов во фракции, выкипающей до 204 °С, для всех групп не должна превышать 10 г/т.

Вид товарной нефти зависит от содержания в ней сероводорода и легких меркаптанов (табл. 3).

**Таблица 3** – Виды товарной нефти

Наименование показателя	Нормативная величина показателя вида нефти	
	1	2
Массовая доля сероводорода, г/т (не более)	20	100
Массовая доля метил- и этилмеркаптана, г/т (не более)	40	100

Нефть принимают партиями, под которыми любого ее количества, сопровождаемые одним документом о качестве, называемом паспорт качества. Для проверки соответствия нефти требованиям стандарта проводят приемосдаточные и периодические испытания. Первые испытания проводят для каждой партии нефти по плотности и массовым долям серы, воды и хлористых солей. При вторых испытаниях определяют давление насыщенных паров, массовую долю механических примесей, наличие сероводорода содержание хлорорганических соединений, а для экспортной нефти еще и выход фракций, и массовую долю парафина. Результаты периодических испытаний заносят в паспорт качества испытываемой партии нефти и в паспорта всех партий до очередных периодических испытаний. Эти испытания выполняют в сроки, согласованные принимающей и сдающей сторонами, но не реже одного раза в 10 дней.

Нефть, принимаемая к транспортировке по системам магистральных нефтепроводов России, должна удовлетворять требованиям ГОСТ Р 51858 – 2002. На основе оговоренных в ней показателей действует банк качества нефтей.

### **Литература:**

1. Организация и управление охраной окружающей природной среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 266–271.

2. Экологические аспекты в нефтегазовом комплексе / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 272–277.
3. Источники и масштабы техногенного загрязнения в нефтяной промышленности / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 278–283.
4. Потенциал залежей низконапорного газа в России / В.И. Дунаев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 117–120.
5. Ресурсы низконапорного газа - как один из примеров техногенных месторождений / М.Е. Милостивенко [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 247–251.
6. Мероприятия по предупреждению и борьбе с осложнениями при эксплуатации скважин на Ключевом месторождении / И.И. Шаблий [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 245–250.
7. Разработка мероприятий и организация работ по переводу автотранспортных средств на газообразное топливо / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 248–252.
8. Анализ и оценка работы транспортного цеха крупного машиностроительного завода при переводе грузовых автомобилей на газообразное топливо / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 253–256.
9. Инновационные технологии и оборудование в сфере использования газа как моторного топлива / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 257–260.
10. Мероприятия по совершенствованию охраны труда и техники безопасности в связи с переводом грузовых автомобилей на газообразные смеси / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 261–265.
11. Техногенные месторождения России - рамки и условия их освоения / В.И. Дунаев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 112–116.
12. Целесообразность перевода автотранспорта на газовое топливо с точки зрения экологии и стимулирование развития газа как основного моторного топлива в России и за рубежом / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 291–297.
13. Обзор основных видов топлив современных авто и целесообразность их перехода на природный газ / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 284–290.

#### **Literature:**

1. Organization and management of environmental protection at enterprises of the oil and gas industry / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 266–271.

2. Environmental aspects in the oil and gas complex / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 272–277.
3. Sources and extent of technogenic pollution in the oil industry / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 278–283.
4. Potential of low-pressure gas deposits in Russia / V.I Dunaev [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 117–120.
5. Resources of low-pressure gas – as one of the examples of technogenic fields / M.E. Milostivenko [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 247–251.
6. Measures to prevent and combat complications during well operation at the Klyuchevoy field / I.I. Shabliy [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 3. – P. 245–250.
7. Development of measures and organization of work on the transfer of vehicles to gaseous fuel / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 248–252.
8. Analysis and evaluation of the work of the transport department of a large machine-building plant when converting trucks to gaseous fuel / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 253–256.
9. Innovative technologies and equipment in the field of using gas as a motor fuel / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 257–260.
10. Measures to improve labor protection and safety in connection with the transfer of trucks to gaseous mixtures / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 261–265.
11. Technogenic deposits in Russia – the framework and conditions for their development / V.I. Dunaev [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 112–116.
12. The expediency of transferring vehicles to gas fuel from an environmental point of view and stimulating the development of gas as the main motor fuel in Russia and abroad / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 291–297.
13. Review of the main types of fuels of modern cars and the feasibility of their transition to natural gas / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 284–290.

## СТАБИЛИЗАЦИЯ НЕФТИ

\*\*\*\*\*

## OIL STABILIZATION

### **Данчина Яна Владимировна**

студентка направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
danchina\_yana@mail.ru

### **Малышкова Марина Леонидовна**

студентка направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
marmal2311@gmail.com

### **Музыкантова Анна Викторовна**

старший преподаватель  
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** Продукция, которую добывают это смесь нефти и растворенных в ней легких углеводородов, таких как  $C_1-C_4$ . В данной статье описаны мероприятия по предотвращению безвозвратных потерь легких углеводородов в атмосферу и одним из методов устранения данной проблемы является строительство объектов по стабилизации нефти.

**Ключевые слова:** нефть, углеводороды, стабилизация, ректификация, сепарация.

\*\*\*\*\*

### **Danchina Yana Vladimirovna**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Business»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
danchina\_yana@mail.ru

### **Malyshkova Marina Leonidovna**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Business»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
marmal2311@gmail.com

### **Muzykantova Anna Viktorovna**

Senior Lecturer of the Department of Equipment for Oil and Gas Fields,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** The products that are extracted are a mixture of oil and light hydrocarbons dissolved in it, such as  $C_1-C_4$ . This article describes measures to prevent irretrievable losses of light hydrocarbons into the atmosphere and one of the methods to eliminate this problem is the construction of oil stabilization facilities.

**Keywords:** oil, hydrocarbons, stabilization, rectification, separation.

\*\*\*\*\*

**П**родукция, которую добывают это смесь нефти и растворенных в ней легких углеводородов, таких как  $C_1-C_4$ . Самой первостепенной задачей является предотвращение безвозвратных потерь легких углеводородов в атмосферу и одним

из методов устранения данной проблемы является строительство объектов по стабилизации нефти. Наличие этих установок безусловно препятствует огромным экономическим потерям и загрязнению воздушного бассейна, что так же не мало важно.

Установки стабилизации необходимо размещать в непосредственной близости к местам добычи флюида. Как правило, их устанавливают на сборном пункте, либо на промышленном товарном парке, куда поступает вся нефть с месторождения. Это позволяет увеличить производительность и снизить большие эксплуатационные расходы.

Существует два принципиально отличных направления стабилизации нефти.

Ректификация – метод стабилизации, основанный на неоднократном испарении и конденсации нефти, при этом методе выделяются фракции различающиеся по температуре кипения. Низкокипящие фракции называются легкими, а высококипящие – тяжелыми.

Однако при решении вопросов сокращения потерь от испарения не всегда целесообразно производить данный процесс стабилизации нефти.

Вторым основным методом стабилизации является сепарация, которая включает в себя множество комплексных мероприятий по улучшению качественных свойств углеводородного сырья. Другими словами, сепарационные узлы не только позволяют извлекать лёгкие фракции, но и очищают флюид от механических примесей, лишних частиц газа и воды. Поэтому в общей схеме промышленного сбора и подготовки нефти процессы сепарирования играют важнейшую роль.

В зависимости от ряда факторов и физико-химических свойств нефти сепарацию могут производить как моментально с резким снижением давления, так и многоступенчато с неоднократным подбором давления до 6–7 ступеней для извлечения лёгких углеводородов. Однако многоступенчатую сепарацию как средство для стабилизации нефти применяют редко.

Извлеченные углеводороды используются как товарный продукт. Углеводородные газы направляются на газоперерабатывающий завод (ГПЗ), а стабильная нефть – на нефтеперерабатывающий завод (НПЗ).

### **Литература:**

1. Величко Е.И., Музыкантова А.В., Иноземцев Д.А. Анализ причин отказов газотурбинных приводов газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 69–72.

2. Иноземцев Д.А., Величко Е.И., Музыкантова А.В. Современное состояние методов и средств диагностирования систем трубопроводного транспорта // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 133–136.

3. Иноземцев Д.А., Слепцов А.А. Современные конвертированные авиадвигатели на основе НК<sub>12</sub> // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 215–217.

4. 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.

5. Величко Е.И., Иноземцев Д.А. Методы и средства контроля технического состояния компрессорной установки // Рассохинские чтения : Материалы международной конференции, Ухта, 04–05 февраля 2021 года / Под редакцией Р.В. Агинеи. – Ухта : Группа оперативной полиграфии «УГТУ», 2021. – С. 50–53.

6. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А. Техническое обслуживание конвертированных авиационных двигателей при планово-предупредительной системе // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 224–226.

#### **Literature:**

1. Velichko E.I., Muzykantova A.V., Inozemtsev D.A. Analysis of the causes of failures of gas turbine drives of gas pumping units // REFERATOTECH : Materials of the International scientific and practical conference: in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 1. – P. 69–72.

2. Inozemtsev D.A., Velichko E.I., Muzykantova A.V. The current state of methods and means of diagnosing systems of pipe-wire transport // REFERATOTECH: Materials of the International scientific and practical conference: in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 1. – P. 133–136.

3. Inozemtsev D.A., Sleptsov A.A. Modern converted aircraft engines based on NK<sub>12</sub> // Nauka. A new generation. Success : proceedings of the II International scientific and practical conference in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 215–217.

4. Traditional methods of cooling the combustion chambers of gas turbines / D.A. Inozemtsev [et al.] // Science. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 volumes. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 236–238.

5. Velichko E.I., Inozemtsev D.A. Methods and means of monitoring the technical condition of the compressor unit // Rassokhin readings : Proceedings of the international conference, Ukhta, February 04–05, 2021 / Edited by R.V. Agin. – Ukhta : Operational Printing Group «UGTU», 2021. – P. 50–53.

6. Inozemtsev D.A., Tereshchenko I.A. Maintenance of converted aircraft engines with a planned warning system // Nauka. The new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 224–226.

**ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА АТМОСФЕРУ  
ПРИ ДОБЫЧЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ УГЛЕВОДОРОДОВ**

\*\*\*\*\*

**TECHNOGENIC IMPACT ON THE ATMOSPHERE DURING  
THE PRODUCTION AND USE OF HYDROCARBONS**

**Ежиков Руслан Александрович**

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
2108Ezhi@gmail.com

**Шиян Станислав Иванович**

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

**Безуглый Александр Николаевич**

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
alex.bezuglyy@gmail.com

**Кусова Лизавета Геннадиевна**

студентка направления подготовки  
21.05.06 «Нефтегазовые техника и технологии»,  
Санкт-Петербургский горный университет  
kusovalisa@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье рассмотрено техногенное воздействие на атмосферу углеводородов, а также различные способы загрязнения атмосферы земли. Проведен сравнительный анализ загрязнения при добыче и использовании углеводородов.

**Ключевые слова:** загрязнение атмосферы, залповые выбросы, атмосфера, климатическая система, сгорание, окружающая среда.

\*\*\*\*\*

**Ezhikov Ruslan Alexandrovich**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Engineering»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
2108Ezhi@gmail.com

**Shiyan Stanislav Ivanovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of Oil and Gas Field Equipment,  
Kuban State Technological University  
akngs@mail.ru

**Bezuglyy Alexander Nikolaevich**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Engineering»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
alex.bezuglyy@gmail.com



**Kusova Lizaveta Genadievna**

Student Training Direction 21.05.06  
«Oil and Gas Equipment and Technologies»  
Saint-Petersburg Mining University  
kusovalisa@gmail.com

**Annotation.** This article discusses the technogenic impact of hydrocarbons on the atmosphere, as well as various ways of pollution of the earth's atmosphere. A comparative analysis of pollution in the production and use of hydrocarbons has been carried out.

**Keywords:** air pollution, salvo emissions, atmosphere, climate system, combustion, environment.

\*\*\*\*\*

**В**ся техническая мощь современной цивилизации базируется на использовании энергии, которая основана на изъятии кислорода воздуха. Все технологии получения энергии путем окисления разрушают атмосферу Земли, необратимо связывают атмосферный кислород в воду. Сжигание 1 кг бензина поглощает из воздуха 3.5 кг кислорода, реакции окисления продуктов мировой нефтедобычи в течение года поглощают из атмосферы около 12 млрд т кислорода. Сжигание добытого за год природного газа поглощает из атмосферы более 11 млрд т кислорода. Не случайно в воздухе мегаполисов содержится всего 17 % кислорода вместо естественных 21 %.

Буровые установки, нефтяные и газовые промыслы являются технологическими объектами, выделяющими в атмосферу различные загрязняющие вещества.

На фотографии Земли, сделанной со спутника ночью, хорошо видны нефтяные и газовые промыслы Западной Сибири, Мексиканского и Персидского заливов. Каспийского и Северного морей, освещенные горящими факелами. Сжигание попутного газа в факелах – это прямое загрязнение атмосферы. Горящие факелы загрязняют атмосферу сернистыми соединениями, отчего в радиусе до 250 м от факелов полностью уничтожается всякая растительность, на расстоянии до 3 км деревья сохнут и сбрасывают листья. В лицензиях на недропользование нефтяники берут на себя обязательство утилизировать до 90 % попутного газа. В реальности утилизируются первые десятки процентов.

При бурении скважин источниками загрязнений атмосферы являются залповые выбросы при нефте- и газопроявлениях, сжигание углеводородов на факельных установках при очистке призабойной зоны пласта, термическое обезвреживание буровых шламов, длительные испытания пробуренных скважин, дизельные приводы и котельные установки на буровых.

Ежегодно в России в районах добычи нефти и газа в год происходит один неуправляемый выброс на 1000 скважин. Например, открытый выброс газа и конденсата, который произошел на разведочной скважине Кумжа–9 в дельте реки Печоры, не удавалось заглушить в течение шести с половиной лет: скважина ежедневно выбрасывала в атмосферу 2 млн м<sup>3</sup> газа и сотни тонн конденсата. Горящая скважина – это вздымающийся на сотни метров в небо столб ядовитого дыма и огня. За годы аварии в факеле сгорело 4 млрд кубометров газа, что нанесло тяжелый удар по ранимой северной природе.

Содержащиеся в углеводородах серо- и азотосодержащие примеси сгорают с образованием оксидов серы и азота. Сероводород – горючий высокотоксичный газ, выбрасываемый объектами нефтегазового комплекса. Среднесуточная ПДК в воздухе населенных пунктов – 0,008 мг/м<sup>3</sup>. Природные газы могут содержать значительное количество сероводорода. Например, природный газ Астраханского месторождения содержит до 25 % сероводорода.

Нефтяное моторное топливо является наиболее массовым видом нефтепродуктов, оно же относится к основным источникам загрязнения окружающей среды. С продуктами сгорания бензина и дизельного топлива в атмосферу ежегодно выбрасывается

(млн т): оксидов серы – 80; оксидов азота – 50; оксида углерода – 300. Особенности загрязнения атмосферного воздуха газовыми выбросами автомобилей следующие: малая высота выброса и низкая степень рассеивания; высокая токсичность выбросов; прямое воздействие на человека в районах с высокой плотностью населения.

При использовании в двигателях внутреннего сгорания одной тонны моторного топлива в атмосферу выбрасывается до 90 кг вредных веществ. Карбюраторные двигатели лидируют по выбросам оксида углерода, дизельные двигатели – по выбросам оксидов азота, серы и твердых частиц.

Содержащиеся в углеводородах серосодержащие примеси сгорают с образованием оксидов серы.

Оксид углерода – токсичный газ без цвета, запаха и вкуса – лишает ткани тела необходимого кислорода. Максимальная разовая ПДК в населенных пунктах – 3 мг/м<sup>3</sup>. Повышение выбросов СО наблюдается при холостом ходе двигателя и большой доле тяжелых фракций в составе моторных топлив.

Диоксид углерода – бесцветный тяжелый газ, повышенное содержание которого в воздухе вызывает сердцебиение и удушье. ПДК в воздухе составляет 1 %.

Диоксид серы – бесцветный газ с резким запахом – губительно влияет на здоровье человека, растительный и животный мир, разрушает металлы и ткани. При фотохимических реакциях образует в воздухе аэрозоли. Порог раздражающего действия – на уровне 20 мг/м<sup>3</sup>.

Сажа – является вредным веществом III класса опасности. В воздухе разовая ПДК газовой сажи составляет 0,15 мг/м<sup>3</sup>. В момент образования представляет собой высокодисперсные частицы диаметром до 10 нм, состоящие из элементарного углерода. Обладает большой адсорбционной способностью к тяжелым углеводородам и канцерогенным гетероциклическим соединениям, что делает сажу опасной для человека и животных.

Для регулирования качества окружающей среды введен и строго контролируется предельно допустимый выброс (ПДВ), который устанавливается для каждого источника выброса вредных веществ в атмосферу. ПДВ есть обоснованная техническая норма выброса вредных веществ из промышленных источников в атмосферу. На предприятиях нефтегазовых отраслей работы по нормированию выбросов начинают с инвентаризации вредных выбросов, проводимой предприятиями и специализированными организациями.

Наиболее эффективным методом обезвреживания шламов считается термический метод, когда шламы сжигаются в печах разных конструкций. Этот метод позволяет уничтожить токсичные примеси в шламах и получить полностью обезвреженную твердую фазу. Однако при сжигании шламов химические соединения, содержащие хлор, превращаются в токсичные диоксины, которые вместе с выбросами печей попадают в атмосферу.

Следствием выбросов в атмосферу диоксидов серы и азота являются кислотные дожди, основными составляющими которых являются слабые растворы азотистой, азотной и серной кислот. Кислотные дожди могут выпадать на больших расстояниях от источника выбросов оксидов серы и азота вследствие переноса их воздушными массами. Кислотные дожди оказывают разрушающее воздействие на конструкционные материалы и действуют на дыхательную систему человека.

Таким образом процессы горения оказывают на климатическую систему Земли двойное воздействие: во-первых, уменьшают содержание кислорода в атмосфере, истощая озоновую защиту Земли и уменьшая атмосферное давление, во-вторых, выбрасывают огромное количество разогретых водяных паров и углекислого газа. Считается, что следствием выбросов в атмосферу парниковых газов – углекислого газа, метана и закиси азота – является глобальное потепление климата на планете. Только возобновляемые источники энергии, и топливо, не связывающее при горении атмосферный кислород в воду, станут основой энергетики в ближайшем будущем. Технологий, которые безвозвратно уничтожают кислород атмосферы, в новой эколого-энергетической цивилизации места не будет.

### **Литература:**

1. Источники и масштабы техногенного загрязнения в нефтяной промышленности / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 278–283.
2. Сухин А.А., Шиян С.И. Анализ методов борьбы с гидратами на Астраханском газоконденсатном месторождении // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 383–392.
3. Организация и управление охраной окружающей природной среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 266–271.
4. Экологические аспекты в нефтегазовом комплексе / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 272–277.
5. Брижань В.В., Шиян С.И. Оценка экономической эффективности от перевода грузового автотранспорта на сжатый природный газ в качестве моторного топлива // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 300–314.
6. Потенциал залежей низконапорного газа в России / В.И. Дунаев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 117–120.
7. Ресурсы низконапорного газа - как один из примеров техногенных месторождений / М.Е. Милостивенко [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 247–251.
8. Мероприятия по предупреждению и борьбе с осложнениями при эксплуатации скважин на Ключевом месторождении / И.И. Шаблей [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 245–250.
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. – С. 280–287.
10. Анализ эффективности существующей системы очистки сточных вод и обоснование необходимости её модернизации на нефтебазе N / Д.Ю. Кирилкин [и др.] // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 190–200.
11. Техногенные месторождения России – рамки и условия их освоения / В.И. Дунаев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 112–116.
12. Целесообразность перевода автотранспорта на газовое топливо с точки зрения экологии и стимулирование развития газа как основного моторного топлива в России и за рубежом / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 291–297.
13. Гойда А.Н., Шиян С.И., Шаблей И.И. Современное состояние и перспективы развития рынка сжиженного природного газа // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 124–142.
14. Шиян С.И., Ильинский К.А., Пашуренко И.О. Переработка отходов животноводческого комплекса как решение проблемы парникового эффекта и способ получения источника энергии // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 219–227.

15. Шиян С.И. Предупреждение геоэкологических 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/pre-duprezhdenie-geoekologicheskikh-posledstviy-ot-avarii-putem-operativnogo-upravleniya-tekh>

#### **Literature:**

1. Petrushin E.O., Harutyunyan A.S., Shiyani S.I. Investigation of wear-resistant coatings of drill pipes during the construction of a production well at the Yuzhno-Kharyaginskoye oil field // *Bulatov Readings*. – 2020. – Vol. 3. – P. 278–284.

2. Sukhin A.A., Shiyani S.I. Analysis of methods for combating hydrates at the Astrakhan gas condensate field // *Bulatov Readings*. – 2020. – Vol. 2. – P. 383–392.

3. Organization and management of environmental protection at enterprises of the oil and gas industry / S.I. Shiyani [et al.] // *REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference* : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 266–271.

4. Environmental aspects in the oil and gas complex / S.I. Shiyani [et al.] // *REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference* : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 272–277.

5. Brizhan V.V., Shiyani S.I. Evaluation of economic efficiency from the transfer of trucks to compressed natural gas as a motor fuel // *Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin)*. – 2020. – № 2. – P. 300–314.

6. Potential of low-pressure gas deposits in Russia / V.I. Dunaev [et al.] // *REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference* : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 117–120.

7. Resources of low-pressure gas – as one of the examples of technogenic fields / M.E. Milostivenko [et al.] // *REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference* : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 247–251.

8. Measures to prevent and combat complications during well operation at the Klyuchevoy field / I.I. Shabliy [et al.] // *REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference* : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 3. – P. 245–250.

9. 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.

10. Analysis of the effectiveness of the existing wastewater treatment system and justification of the need for its modernization at the oil depot N / D.Yu. Kirilkin [et al.] // *Bulatov Readings*. – 2021. – Vol. 1. – P. 190–200.

11. Technogenic deposits in Russia – the framework and conditions for their development / V.I. Dunaev [et al.] // *REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference* : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 112–116.

12. The expediency of transferring vehicles to gas fuel from an environmental point of view and stimulating the development of gas as the main motor fuel in Russia and abroad / S.I. Shiyani [et al.] // *REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference* : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 291–297.

13. Goida A.N., Shiyani S.I., Shabliy I.I. The current state and development prospects of the liquefied natural gas market // *Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin)*. – 2020. – № 4. – P. 124–142.

14. Shiyan S.I., Ilyinsky K.A., Pashurenko I.O. Waste processing of the livestock complex as a solution to the problem of the greenhouse effect and a method of obtaining an energy source // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 4. – P. 219–227.

15. Shiyan 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»: Dis. ... Cand. Techn. Sciences. – Krasnodar, 2005. – URL : <https://www.dissercat.com/content/preduprezhdenie-geoekologicheskikh-posledstviy-ot-avarii-putem-operativnogo-upravleniya-tekh>

## **ВНУТРИТРУБНАЯ ДИАГНОСТИКА. УРОВНИ ВНУТРИ ТРУБНОЙ ДИАГНОСТИКИ**

\*\*\*\*\*

### **INLINE DIAGNOSTICS. INLINE DIAGNOSTICS LEVELS**

#### **Иноземцев Дмитрий Александрович**

старший преподаватель  
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
d.a.inozemtsev@mail.ru

#### **Ковалева София Сергеевна**

магистр кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** В данной статье рассмотрен метод внутритрубного диагностирования, позволяющий полноценно оценивать техническое состояние трубопроводов и выявлять опасные участки и локальные места коррозионного повреждения труб. Разобраны уровни внутритрубной диагностики, благодаря которым можно свести к минимуму расходы на ремонт, ликвидацию последствий аварий и остановки перекачки нефти.

**Ключевые слова:** внутритрубная диагностика, промысловые трубопроводы, дефекты, ремонт.

\*\*\*\*\*

#### **Inozemtsev Dmitry Alexandrovich**

Senior Lecturer of the Department of Equipment for Oil and Gas Fields,  
Institute «Oil, Gas and Energy»,  
Kuban State Technological University  
d.a.inozemtsev@mail.ru

#### **Kovaleva Sofiya Sergeevna**

Magister of the Department Of Equipment for Oil and Gas Fields,  
Institute «Oil, Gas and Energy»,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** This article discusses the method of in-line diagnostics, which makes it possible to fully assess the technical condition of pipelines and identify hazardous areas and local places of corrosion damage to pipes. The levels of inline diagnostics have been analyzed, thanks to which it is possible to minimize the cost of repairs, liquidation of the consequences of accidents and stopping oil pumping.

**Keywords:** inline diagnostics, field pipelines, defects, repair.

\*\*\*\*\*

**В**нутритрубная диагностика – это комплекс работ, направленный на обнаружение механических повреждений стенок труб, коррозионных дефектов, трещин в сварных соединениях и стенках труб, а также изменения проходного сечения трубопровода. По результату внутритрубной диагностики дается общая оценка технического состояния трубопровода.

Внутритрубная диагностика также включает в себя: анализ технической документации; внутритрубное обследование трубопровода (калибровка, пропуск диагностического снаряда); составление фактического плана и профиля трубопровода с указанием мест установки запорной арматуры, углов поворота; определение эффективности работы системы электро-химической защиты; определение технического состояния покрытия в местах шурфовки и фактической толщины стенки трубопровода; и в конечном итоге – оформление заключительного отчета по внутритрубной диагностике.

Существует четыре уровня внутритрубной диагностики:

– первый уровень: использование внутритрубных профиломеров, позволяющих обнаружить и измерить дефекты геометрии (вмятин, гофр), проходного сечения трубопровода, радиусов и углов поворота;

– второй уровень: использование ультразвуковых дефектоскопов, способных измерить толщину стенки трубопровода, а также выявить и измерить дефекты потери металла;

– третий уровень: использование магнитных дефектоскопов, выявляющих коррозионные дефекты и дефекты в сварных швах;

– четвертый уровень: использование ультразвуковых дефектоскопов или детекторов трещин, позволяющих выявить и измерить трещины и риски.

Осуществив такой четырехуровневый контроль, можно полноценно оценивать техническое состояние трубопроводов и свести к минимуму расходы на ремонт, ликвидацию последствий аварий и остановки перекачки нефти.

#### **Литература:**

1. Величко Е.И., Музыкантова А.В., Иноземцев Д.А. Анализ причин отказов газотурбинных приводов газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 69–72.

2. Иноземцев Д.А., Величко Е.И., Музыкантова А.В. Современное состояние методов и средств диагностирования систем трубопроводного транспорта // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 133–136.

3. Иноземцев Д.А., Слепцов А.А. Современные конвертированные авиадвигатели на основе НК<sub>12</sub> // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 215–217.

4. 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.

5. Величко Е.И., Иноземцев Д.А. Методы и средства контроля технического состояния компрессорной установки // Рассохинские чтения : Материалы международной конференции, Ухта, 04–05 февраля 2021 года / Под редакцией Р.В. Агиней. – Ухта : Группа оперативной полиграфии «УГТУ», 2021. – С. 50–53.

6. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А. Техническое обслуживание конвертированных авиационных двигателей при планово-предупредительной системе // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 224–226.

#### **Literature:**

1. Velichko E.I., Muzykantova A.V., Inozemtsev D.A. Analysis of the causes of failures of gas turbine drives of gas pumping units // REFERATOTECH : Materials of the International scientific and practical conference: in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 1. – P. 69–72.

2. Inozemtsev D.A., Velichko E.I., Muzykantova A.V. The current state of methods and means of diagnosing systems of pipe-wire transport // REFERATOTECH: Materials of the International scientific and practical conference: in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 1. – P. 133–136.
3. Inozemtsev D.A., Sleptsov A.A. Modern converted aircraft engines based on NK<sub>12</sub> // Nauka. A new generation. Success : proceedings of the II International scientific and practical conference in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 215–217.
4. Traditional methods of cooling the combustion chambers of gas turbines / D.A. Inozemtsev [et al.] // Science. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 volumes. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 236–238.
5. Velichko E.I., Inozemtsev D.A. Methods and means of monitoring the technical condition of the compressor unit // Rassokhin readings : Proceedings of the international conference, Ukhta, February 04–05, 2021 / Edited by R.V. Agin. – Ukhta : Operational Printing Group «UGTU», 2021. – P. 50–53.
6. Inozemtsev D.A., Tereshchenko I.A. Maintenance of converted aircraft engines with a planned warning system // Nauka. The new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 224–226.



## ПОМПАЖ НАГНЕТАТЕЛЕЙ

\*\*\*\*\*

### PUMPING SUPPLIES

**Иноземцев Дмитрий Александрович**

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

**Величко Евгений Иванович**

кандидат технических наук, доцент,  
зав. кафедрой «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»,  
Кубанский государственный технологический университет

**Музыкантова Анна Викторовна**

старший преподаватель  
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
Кубанский государственный технологический университет

**Владимиров Антон Владимирович**

студент кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** В данной статье было рассмотрено явление, называемое помпажом нагнетателя, описан периодический процесс помпажа.

**Ключевые слова:** помпаж, нагнетатель, газ, конфузор, центробежный нагнетатель, газопровод, компрессор.

\*\*\*\*\*

**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 Evgeny 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

**Vladimirov Anton Vladimirovich**

Student of the Department of Equipment for Oil and Gas Fields,  
Kuban State Technological University

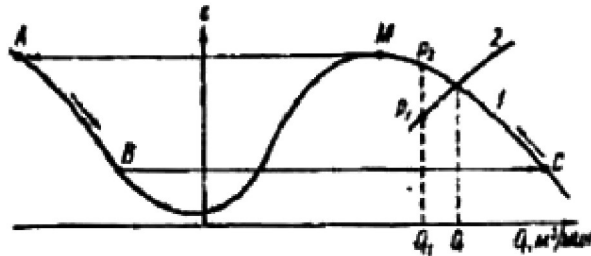
**Annotation.** In this article, a phenomenon called the surge of a supercharger was considered, and the periodic process of surge was described.

**Keywords:** surge, blower, gas, confuser, centrifugal blower, gas pipeline, compressor.

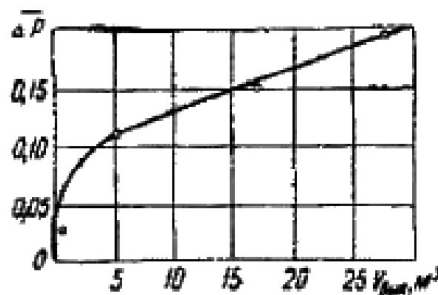
\*\*\*\*\*

**П**ри работе центробежных нагнетателей в определенных условиях возникает явление, называемое помпажом. Рисунок 1 представляет собой характери-

стику нагнетателя, распространенную в область отрицательных расходов. Кривая 2 изображает характеристику определенного режима сети на выходе компрессора. Количество перекачиваемого газа при установившемся режиме определяется точкой пересечения характеристики компрессора 1 с характеристикой сети.



**Рисунок 1** – Помпаж центробежного нагнетателя:  
1 – характеристика нагнетателя; 2 – характеристика сети



**Рисунок 2** – Зависимость амплитуды пульсаций давления в средней части длины улитки от объема между нагнетателем и дросселем

При случайном уменьшении подачи газа до  $Q_1$  давление в сетевом объеме понизится до  $P_1$ , то же время нагнетатель может стабильно работать с производительностью  $Q_1$  только при давлении выходе  $P_2 > P_1$ . Производительность компрессора начнет возрастать и достигнет своей первоначальной величины. Если сеть имеет большую емкость, что характерно для нагнетания в магистральный газопровод, давление на выходе нагнетателя не изменяется мгновенно при случайных колебаниях его производительности. Но и в этом случае при уменьшении подачи нагнетатель не может стабильно работать в новом режиме, так как давление  $p$  нагнетателя не соответствует производительности  $Q_1$  и подача возрастает, достигая первоначального значения. Аналогичная картина наблюдается при случайном увеличении производительности нагнетателя. Очевидно, стабильность режима обеспечивается, пока  $dp/dQ$  сети больше  $dp/dQ$  компрессора. Легко видеть, что это условие удовлетворяется при работе на падающем участке характеристики. Для сети с большим объемом нестабильность появляется в точке  $M$  характеристики нагнетателя, где касательная параллельна оси абсцисс, какая бы ни была проходящая через эту точку характеристика сети. При случайном небольшом уменьшении расхода давление в системе из-за большого объема вначале не меняется, в то время как компрессор больше не в состоянии создать это давление. Поэтому производительность нагнетателя дальше уменьшается, и режим скачком переходит в точку  $A$ , где газ течет в обратном направлении. Давление в системе постепенно падает, благодаря чему режим перемещается вдоль характеристики от  $A$  к  $B$ . Дальнейшее понижение давления способствует скачку режима к точке  $C$ . В связи с увеличением подачи газа давление в сетевом объеме возрастает, пока не достигнет точки  $M$ , и процесс повторяется. Описанный периодический процесс и называется помпажем, частота которого зависит от

объема сети. На рисунке 2 приведен график зависимости амплитуды пульсации давления в средней части улитки в зависимости от объема сети между выходным патрубком нагнетателя и дросселем. Частота пульсации тем ниже, чем больше объем сети.

Наиболее точно режим работы нагнетателя контролируется по приведенной объемной производительности, определяемой поперепадом давлений на конфузоре. Менее точен контроль по степени сжатия, поскольку вблизи границы помпажа характеристика проходит под малым углом к оси абсцисс и небольшая погрешность в определении степени сжатия из-за недостаточной точности манометров, установленных на входе и выходе нагнетателя, приводит к большой ошибке в оценке приведенной объемной производительности. Например, для нагнетателя 280<sup>-11</sup> с диаметром ротора 600 мм при работе с  $(n/n_n) p_p = 0,9$  граница помпажа соответствует приведенной объемной производительности 130 м<sup>3</sup>/мин и степени сжатия 1,24. Если погрешность при измерении давления нагнетания составит всего 0,5 ат, то определенная по степени сжатия приведенная объемная производительность будет на 30 % отличаться от действительной. Таким образом, контролируя режим нагнетателя по степени сжатия, легко ошибиться в подсчете удаленности режима от границы помпажа и допустить аварийную остановку агрегата, которую можно было бы предотвратить, применяя более точный метод контроля объемной производительности.

#### **Литература:**

1. Величко Е.И., Музыкантова А.В., Иноземцев Д.А. Анализ причин отказов газотурбинных приводов газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 69–72.
2. Иноземцев Д.А., Величко Е.И., Музыкантова А.В. Современное состояние методов и средств диагностирования систем трубопроводного транспорта // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 133–136.
3. Иноземцев Д.А., Слепцов А.А. Современные конвертированные авиадвигатели на основе НК<sub>12</sub> // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 215–217.
4. 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.
5. Величко Е.И., Иноземцев Д.А. Методы и средства контроля технического состояния компрессорной установки // Рассохинские чтения : Материалы международной конференции, Ухта, 04–05 февраля 2021 года / Под редакцией Р.В. Агинеи. – Ухта : Группа оперативной полиграфии «УГТУ», 2021. – С. 50–53.
6. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А. Техническое обслуживание конвертированных авиационных двигателей при планово-предупредительной системе // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 224–226.

#### **Literature:**

1. Velichko E.I., Muzykantova A.V., Inozemtsev D.A. Analysis of the causes of failures of gas turbine drives of gas pumping units // REFERATOTECH : Materials of the International scientific and practical conference: in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 1. – P. 69–72.

2. Inozemtsev D.A., Velichko E.I., Muzykantova A.V. The current state of methods and means of diagnosing systems of pipe-wire transport // REFERATOTECH: Materials of the International scientific and practical conference: in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 1. – P. 133–136.
3. Inozemtsev D.A., Sleptsov A.A. Modern converted aircraft engines based on NK<sub>12</sub> // Nauka. A new generation. Success : proceedings of the II International scientific and practical conference in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 215–217.
4. Traditional methods of cooling the combustion chambers of gas turbines / D.A. Inozemtsev [et al.] // Science. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 volumes. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 236–238.
5. Velichko E.I., Inozemtsev D.A. Methods and means of monitoring the technical condition of the compressor unit // Rassokhin readings : Proceedings of the international conference, Ukhta, February 04–05, 2021 / Edited by R.V. Agin. – Ukhta : Operational Printing Group «UGTU», 2021. – P. 50–53.
6. Inozemtsev D.A., Tereshchenko I.A. Maintenance of converted aircraft engines with a planned warning system // Nauka. The new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 224–226.

## РАЗДЕЛЕНИЕ АЗЕОТРОПНЫХ РАСТВОРОВ

\*\*\*\*\*

## SEPARATION OF AZEOTROPIC SOLUTIONS

### **Иноземцев Дмитрий Александрович**

старший преподаватель  
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
d.a.inozemtsev@mail.ru

### **Тлий Диана Азметовна**

Кубанский государственный технологический университет  
dianatly@yandex.ru

### **Абдуллаев Марат Наильевич**

Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** Азеотропная смесь – смесь двух или более жидкостей, с таким составом, который не меняется при кипении, то есть составы равновесных жидкой и паровой фаз совпадают. Точка на фазовой диаграмме, которая соответствует равенству составов жидкости и пара, называется азеотропной точкой.

**Ключевые слова:** жидкость, азеотропный смесь, перегонка, спирт-ректификат, компонент.

\*\*\*\*\*

### **Inozemtsev Dmitrii Alexandrovich**

Senior Lecturer of the Department of Equipment for Oil and Gas Fields,  
Institute «Oil, Gas and Energy»,  
Kuban State Technological University  
d.a.inozemtsev@mail.ru

### **Tliy Diana Azmetovna**

Kuban State Technological University  
dianatly@yandex.ru

### **Abdullaev Marat Nailevich**

Kuban State Technological University

**Annotation.** An azeotropic mixture is a mixture of two or more liquids, with a composition that does not change during boiling, that is, the compositions of the equilibrium liquid and vapor phases coincide. The point on the phase diagram that corresponds to the equality of the compositions of the liquid and vapor is called the azeotropic point.

**Keywords:** liquid, azeotropic mixture, distillation, rectified alcohol, component.

\*\*\*\*\*

**В** о время перегонки азеотропные смеси ведут себя как отдельные жидкости, то есть они кипят при постоянной температуре и не могут быть разделены на составные части перегонкой из-за одинакового состава жидкой и паровой фаз. В случае, когда жидкость, поступающая в дистиллированную смесь, образует азеотроп, отгонка будет зависеть от исходного состава бинарного раствора, но в любом случае только от азеотропа и компонента, который присутствует в избытке по сравнению с составом азеотропной смеси. смесь можно выделить из нее.

Азеотропные смеси составляют почти половина исследованных бинарных растворов. В связи с этим часто возникает практическая проблема разделения азеотропов на отдельные компоненты. В аптеке это связано, например, с получением абсолютного этилового спирта из спирта-ректификата, полученного в промышленности.

Для разделения азеотропных смесей используются различные методы:

1. Дистилляция при давлении, отличном от атмосферного. Поскольку свойства растворов и, следовательно, форма диаграммы кипения зависят от давления, во многих случаях можно выбрать давление, при котором данный пар жидких компонентов не образует азеотропа. Если проводить фракционную перегонку при таком давлении, то оба компонента можно выделить из смеси в чистом виде.

2. Химическое связывание. Чаще всего химическое связывание второстепенного компонента используется для отделения основного компонента от азеотропа, особенно когда последний не имеет большого значения. Так, для получения абсолютного (100 %) спирта спирт-ректификат обрабатывают обезвоживающими агентами – безводными  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{BaO}$  и др., которые прочно связывают воду, но не вступают в химическую реакцию со спиртом. После такой обработки при продолжительном нагревании вода связывается соответственно в кристаллогидрат или в гидроксид. Во время перегонки из смеси отгоняется почти чистый этанол. Поскольку абсолютный спирт очень гигроскопичен, его необходимо хранить в условиях, исключающих контакт с водяным паром.

3. Образование тройных азеотропов. Второстепенный компонент смеси можно связать вместе с большей частью в тройном азеотропе путем добавления третьей жидкости. Например, вода, этиловый спирт и бензол могут образовывать тройной азеотроп с составом 74 % бензола + 19 % этанола + 7 % воды и с  $T_{\text{кип}} = 65$  °С. При использовании этого метода к спирту-ректификату добавляется точно рассчитанное количество бензола, достаточное для связывания всей воды. В результате перегонки такой смеси сначала отгоняется весь тройной азеотроп, а в остатке от перегонки накапливается практически чистый этиловый спирт.

#### **Литература:**

1. Величко Е.И., Музыкантова А.В., Иноземцев Д.А. Анализ причин отказов газотурбинных приводов газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 69–72.

2. Иноземцев Д.А., Величко Е.И., Музыкантова А.В. Современное состояние методов и средств диагностирования систем трубопроводного транспорта // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 133–136.

3. Иноземцев Д.А., Слепцов А.А. Современные конвертированные авиадвигатели на основе НК<sub>12</sub> // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 215–217.

4. 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.

5. Величко Е.И., Иноземцев Д.А. Методы и средства контроля технического состояния компрессорной установки // Рассохинские чтения : Материалы международной конференции, Ухта, 04–05 февраля 2021 года / Под редакцией Р.В. Агиной. – Ухта : Группа оперативной полиграфии «УГТУ», 2021. – С. 50–53.

6. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А. Техническое обслуживание конвертированных авиационных двигателей при планово-предупредительной системе // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 224–226.

#### **Literature:**

1. Velichko E.I., Muzykantova A.V., Inozemtsev D.A. Analysis of the causes of failures of gas turbine drives of gas pumping units // REFERATOTECH : Materials of the International scientific and practical conference: in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 1. – P. 69–72.

2. Inozemtsev D.A., Velichko E.I., Muzykantova A.V. The current state of methods and means of diagnosing systems of pipe-wire transport // REFERATOTECH: Materials of the International scientific and practical conference: in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 1. – P. 133–136.

3. Inozemtsev D.A., Sleptsov A.A. Modern converted aircraft engines based on NK<sub>12</sub> // Nauka. A new generation. Success : proceedings of the II International scientific and practical conference in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 215–217.

4. Traditional methods of cooling the combustion chambers of gas turbines / D.A. Inozemtsev [et al.] // Science. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 volumes. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 236–238.

5. Velichko E.I., Inozemtsev D.A. Methods and means of monitoring the technical condition of the compressor unit // Rassokhin readings : Proceedings of the international conference, Ukhta, February 04–05, 2021 / Edited by R.V. Agin. – Ukhta : Operational Printing Group «UGTU», 2021. – P. 50–53.

6. Inozemtsev D.A., Tereshchenko I.A. Maintenance of converted aircraft engines with a planned warning system // Nauka. The new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 224–226.

## РЕЖИМ РАБОТЫ КС

\*\*\*\*\*

## COOPERATING MODE

### **Иноземцев Дмитрий Александрович**

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

### **Величко Евгений Иванович**

кандидат технических наук, доцент,  
зав. кафедрой «Оборудования нефтяных и газовых промыслов»,  
Кубанский государственный технологический университет

### **Музыкантова Анна Викторовна**

старший преподаватель  
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
Кубанский государственный технологический университет

### **Владимиров Антон Владимирович**

студент кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены режимы работы КС, выбор типа газоперекачивающего агрегата, их преимущества.

**Ключевые слова:** компрессорная станция, газопровод, режим работы КС, поршневые газомокомпрессоры, центробежные нагнетатели, газоперекачивающие агрегаты, параметры работы КС.

\*\*\*\*\*

### **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,  
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

### **Vladimirov Anton Vladimirovich**

Student of the Department of Equipment for Oil and Gas Fields,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** This article discusses the operating modes of the compressor station, the choice of the type of gas compressor unit, their advantages.

**Keywords:** compressor station, gas pipeline, operating mode of the compressor station, piston gas compressors, centrifugal blowers, gas-pumping units, parameters of the compressor station.

\*\*\*\*\*



**К**С предназначены для повышения давления и перекачки газа по магистральному газопроводу. Они служат управляющим элементом в комплексе сооружений, входящем в понятие магистрального газопровода. Практически именно параметрами работы КС определяется режим газопровода. При эксплуатации газопровода без КС количество транспортируемого газа и давление на выходе газопромыслового коллектора однозначно определяют все остальные параметры течения газа: распределение давлений и температур по трассе. Если газопровод оборудован КС, при одном и том же давлении в начале газопровода заданное количество газа может транспортироваться при различных вариантах работы КС, разном распределении давлений по трассе. Задачей диспетчерского персонала является выбор такого варианта включения газоперекачивающих агрегатов, который обеспечит нормальное газоснабжение потребителей при минимальных затратах мощности на компримирование. Наличие КС позволяет регулировать режим работы газопровода при колебаниях потреблений, максимально использовать аккумулялирующую способность газопровода.

В газовой промышленности России в качестве газоперекачивающих агрегатов на магистральных газопроводах применяются поршневые газомотокомпрессоры и центробежные нагнетатели с приводом от газовой турбины и электродвигателя. Несмотря на худшие технико-экономические показатели по сравнению с газотурбинными агрегатами, доля газомотокомпрессоров в общем балансе установленной мощности КС магистральных газопроводов России остается достаточно высокой. Это объясняется рядом их преимуществ: высокой эксплуатационной надежностью, способностью работать в широком диапазоне рабочих давлений и степеней сжатия, возможностью регулирования производительности за счет изменения вредного пространства и числа оборотов агрегата. В ряде случаев поршневые компрессоры могут использоваться там, где центробежных нагнетателей нецелесообразно. Так, на магистральных газопроводах производительностью менее 3 млрд м<sup>3</sup>/год выпускаемые отечественной промышленностью центробежные нагнетатели будут неэффективны. При закачке газа в подземные хранилища с давлением 80–150 ат и необходимости изменять в широких пределах темп закачки в течение сезона наиболее целесообразно применять поршневые компрессоры.

#### **Литература:**

1. Величко Е.И., Музыкантова А.В., Иноземцев Д.А. Анализ причин отказов газотурбинных приводов газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 69–72.
2. Иноземцев Д.А., Величко Е.И., Музыкантова А.В. Современное состояние методов и средств диагностирования систем трубопроводного транспорта // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 133–136.
3. Иноземцев Д.А., Слепцов А.А. Современные конвертированные авиадвигатели на основе НК<sub>12</sub> // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 215–217.
4. 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.
5. Величко Е.И., Иноземцев Д.А. Методы и средства контроля технического состояния компрессорной установки // Рассохинские чтения : Материалы международной конференции, Ухта, 04–05 февраля 2021 года / Под редакцией Р.В. Агинеи. – Ухта : Группа оперативной полиграфии «УГТУ», 2021. – С. 50–53.

6. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А. Техническое обслуживание конвертированных авиационных двигателей при планово-предупредительной системе // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 224–226.

#### **Literature:**

1. Velichko E.I., Muzykantova A.V., Inozemtsev D.A. Analysis of the causes of failures of gas turbine drives of gas pumping units // REFERATOTECH : Materials of the International scientific and practical conference: in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 1. – P. 69–72.

2. Inozemtsev D.A., Velichko E.I., Muzykantova A.V. The current state of methods and means of diagnosing systems of pipe-wire transport // REFERATOTECH: Materials of the International scientific and practical conference: in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 1. – P. 133–136.

3. Inozemtsev D.A., Sleptsov A.A. Modern converted aircraft engines based on NK<sub>12</sub> // Nauka. A new generation. Success : proceedings of the II International scientific and practical conference in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 215–217.

4. Traditional methods of cooling the combustion chambers of gas turbines / D.A. Inozemtsev [et al.] // Science. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 volumes. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 236–238.

5. Velichko E.I., Inozemtsev D.A. Methods and means of monitoring the technical condition of the compressor unit // Rassokhin readings : Proceedings of the international conference, Ukhta, February 04–05, 2021 / Edited by R.V. Agin. – Ukhta : Operational Printing Group «UGTU», 2021. – P. 50–53.

6. Inozemtsev D.A., Tereshchenko I.A. Maintenance of converted aircraft engines with a planned warning system // Nauka. The new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 224–226.

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

\*\*\*\*\*

## METHODS FOR DETERMINING THE STATE OF INSULATING COATINGS OF UNDERGROUND PIPELINES

**Иноземцев Дмитрий Александрович**

старший преподаватель  
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
d.a.inozemtsev@mail.ru

**Слепцов Александр Алексеевич**

студент кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются методы определения состояния изоляционных покрытий подземных трубопроводов, принципы их работы, применимость.

**Ключевые слова:** изоляционное покрытие, переходное сопротивление, метод Пирсона, подземный трубопровод.

\*\*\*\*\*

**Inozemtsev Dmitry Alexandrovich**

Senior Lecturer of the Department of Equipment for Oil and Gas Fields,  
Institute «Oil, Gas and Energy»,  
Kuban State Technological University  
d.a.inozemtsev@mail.ru

**Sleptsov Alexandr Alekseevich**

Student of the Department of Equipment for Oil and Gas Fields,  
Institute «Oil, Gas and Energy»,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** This article discusses methods for determining the states of coatings of underground pipelines, the principles of their operation, applicability.

**Keywords:** insulating coating, transition resistance, Pearson method, buried pipeline.

\*\*\*\*\*

**О**пределение состояния изоляционного покрытия подземного трубопровода является актуальной задачей современной нефтегазовой промышленности. Критериями состояния изоляции являются сплошность, сквозные повреждения и значение переходного сопротивления. Среди методов оценки состояния изоляционных покрытий подземных трубопроводов используется метод определения величины переходного сопротивления. Его суть состоит в определении переходного сопротивления (сопротивления входу тока в подземный трубопровод, а также выходу из него) при пропускании тока через электроды в грунте на определенном расстоянии от трубопровода и снятии показаний с трубопровода в местах установки контрольно-измерительных колонок, расположенных по трассе трубопровода через 1 км. При ограниченности места применения данный метод позволяет судить о количественной ха-

рактической способности изоляции защищать трубопровод от коррозии, что в ином случае достижимо лишь при шурфовании. Вне мест установки контрольно-измерительных колонок измерение величины переходного сопротивления возможно при установлении так называемого «мокрого контакта», который требует контакта влажного матерчатого полотенца, подключенного к измерительной аппаратуре, с изоляцией трубопровода. Также при определении состояния изоляции в шурфе дополнительно может использоваться и визуальный метод, который несмотря на субъективность способен приблизительно оценить состояние изоляционного покрытия, его адгезию к трубопроводу и расслоения. Среди не требующих шурфования известен метод Д. Пирсона (метод числа сквозных повреждений). Он основан на подключении к подземному трубопроводу генератора звуковой частоты порядка 1000 Гц, при этом второй полюс генератора подключают к земле. Ток, идущий по трубопроводу, вытекает в местах повреждения изоляции и создает повышение потенциала, которое может быть измерено двухэлектродной установкой. Необходимым условием применимости данного метода является точное позиционирование относительно оси трубопровода, что усложняет как измерительный прибор, так и само снятие показаний. Наиболее развитыми методами являются методы не требующие вскрытия грунта. Это выделяет метод Пирсона как один из самых наиболее часто применяемых и технически оснащенных, например, система C-SCAN способна точно определять местоположение и глубину залегания подземного трубопровода до 9 м, находить локальные дефекты изоляции контрольных участков, отображать среднее состояние изоляции между двумя точками контроля по стандарту NACE TMO 102-2002. Лишь после проверки сплошности изоляционного покрытия на засыпанных участках трубопровода начинают применяться методы, позволяющие определить качество изоляционного покрытия, для применения которых необходимо шурфование.

#### **Литература:**

1. Величко Е.И., Музыкантова А.В., Иноземцев Д.А. Анализ причин отказов газотурбинных приводов газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 69–72.
2. Иноземцев Д.А., Величко Е.И., Музыкантова А.В. Современное состояние методов и средств диагностирования систем трубопроводного транспорта // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 133–136.
3. Иноземцев Д.А., Слепцов А.А. Современные конвертированные авиадвигатели на основе НК<sub>12</sub> // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 215–217.
4. 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.
5. Величко Е.И., Иноземцев Д.А. Методы и средства контроля технического состояния компрессорной установки // Рассохинские чтения : Материалы международной конференции, Ухта, 04–05 февраля 2021 года / Под редакцией Р.В. Агиней. – Ухта : Группа оперативной полиграфии «УГТУ», 2021. – С. 50–53.
6. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А. Техническое обслуживание конвертированных авиационных двигателей при планово-предупредительной системе // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 224–226.

**Literature:**

1. Velichko E.I., Muzykantova A.V., Inozemtsev D.A. Analysis of the causes of failures of gas turbine drives of gas pumping units // REFERATOTECH : Materials of the International scientific and practical conference: in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 1. – P. 69–72.
2. Inozemtsev D.A., Velichko E.I., Muzykantova A.V. The current state of methods and means of diagnosing systems of pipe-wire transport // REFERATOTECH: Materials of the International scientific and practical conference: in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 1. – P. 133–136.
3. Inozemtsev D.A., Sleptsov A.A. Modern converted aircraft engines based on NK<sub>12</sub> // Nauka. A new generation. Success : proceedings of the II International scientific and practical conference in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 215–217.
4. Traditional methods of cooling the combustion chambers of gas turbines / D.A. Inozemtsev [et al.] // Science. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 volumes. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 236–238.
5. Velichko E.I., Inozemtsev D.A. Methods and means of monitoring the technical condition of the compressor unit // Rassokhin readings : Proceedings of the international conference, Ukhta, February 04–05, 2021 / Edited by R.V. Agin. – Ukhta : Operational Printing Group «UGTU», 2021. – P. 50–53.
6. Inozemtsev D.A., Tereshchenko I.A. Maintenance of converted aircraft engines with a planned warning system // Nauka. The new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 224–226.

## СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА С ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

\*\*\*\*\*

### COMPARISON OF METHODS OF UTILIZATION OF ASSOCIATED PETROLEUM GAS FROM AN ECONOMIC POINT OF VIEW

**Иноземцев Дмитрий Александрович**

старший преподаватель  
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
d.a.inozemtsev@mail.ru

**Слепцов Александр Алексеевич**

студент кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются способы утилизации попутного нефтяного газа, направленные на получение максимальной прибыли от нефтедобычи.

**Ключевые слова:** попутный нефтяной газ, газопереработка, газлифт, газотурбинные электростанции, факельное сжигание ПНГ.

\*\*\*\*\*

**Inozemtsev Dmitry Alexandrovich**

Senior Lecturer of the Department of Equipment for Oil and Gas Fields,  
Institute «Oil, Gas and Energy»,  
Kuban State Technological University  
d.a.inozemtsev@mail.ru

**Sleptsov Alexandr Alekseevich**

Student of the Department of Equipment for Oil and Gas Fields,  
Institute «Oil, Gas and Energy»,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** This article discusses the methods of utilization of associated petroleum gas, aimed at maximizing the profit from oil production.

**Keywords:** associated petroleum gas, gas processing, gas lift, gas turbine power plants, APG flaring.

\*\*\*\*\*

Среди способов переработки ПНГ (попутного нефтяного газа) выделяют два основных направления: сжижение газов и переработка по GTL-технологии (Gas to liquids). Применение GTL-технологии в России затруднено значительными капитальными и временными затратами на постройку ГПЗ (газоперерабатывающих заводов). Также важно отметить нерентабельность инвестиций в постройку ГПЗ данной технологии при переработке малых объемов газа. Из-за особенностей географического положения большинства скважин с большим выходом ПНГ и ограниченной применимости основных продуктов переработки (метан, метанол) метод не используется на большинстве маленьких и средних месторождений.

Сжижение ПНГ основано на криогенном процессе сжатия с использованием однопоточного холодильного цикла, в качестве хладагента выступает азот. Данный метод не получил распространения в России из-за низкой конкурентоспособности сжиженного ПНГ по сравнению с сжиженным природным газом и усложненной процедуры сжижения, которая включает в себя дополнительные этапы очистки. В целом химическая переработка и сжижение ПНГ занимают нишевую область в утилизации т.к. хоть и способны принести большую прибыль недропользователю, но требуют внушительных затрат и больших объемов газа.

Среди методов использования ПНГ выделяют использование в качестве топлива для газотурбинных и газопоршневых электрогенераторов и закачку ПНГ в скважину с целью поддержания пластового давления или для газлифтной эксплуатации. Экономический эффект при использовании ПНГ как топлива электрогенератора меньше, чем при его переработке, но требует гораздо меньших вложений и объема газа, при этом генератор способен обеспечивать внутривидовые нужды, а избыток может быть продан в энергосистему. Обратная закачка в скважину очень сложна в экономической оценке, но является достойной альтернативой использованию ПНГ как топлива электрогенератора т.к. приводит к росту нефтеотдачи пласта при отсутствии выбросов вредных веществ.

Как архаичный способ утилизации можно выделить факельное сжигание ПНГ, имеющее смысл лишь при малых объемах, когда инвестиции в любой из вышеперечисленных методов утилизации нецелесообразны.

Выбор способа утилизации ПНГ представляет собой комплексный экономический вопрос, ответ на который складывается из сравнения рентабельности возможных способов утилизации для каждого конкретного месторождения. В целом для больших дебитов ПНГ наиболее выгодна переработка, но также допустима и обратная закачка в пласт и использование в качестве топлива для электрогенераторов. Для маленьких и умеренных дебитов однозначно наиболее выгодна обратная закачка в пласт и использование в качестве топлива для электрогенераторов на собственные нужды. В определенных случаях наиболее эффективным может оказаться сжижение и последующая продажа сжиженного газа. Также свою роль в выбор метода утилизации ПНГ вносит географическое расположение относительно крупных объектов переработки и сбыта природного газа.

#### **Литература:**

1. Величко Е.И., Музыкантова А.В., Иноземцев Д.А. Анализ причин отказов газотурбинных приводов газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 69–72.
2. Иноземцев Д.А., Величко Е.И., Музыкантова А.В. Современное состояние методов и средств диагностирования систем трубопроводного транспорта // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 133–136.
3. Иноземцев Д.А., Слепцов А.А. Современные конвертированные авиадвигатели на основе НК<sub>12</sub> // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 215–217.
4. 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.

5. Величко Е.И., Иноземцев Д.А. Методы и средства контроля технического состояния компрессорной установки // Рассохинские чтения : Материалы международной конференции, Ухта, 04–05 февраля 2021 года / Под редакцией Р.В. Агиней. – Ухта : Группа оперативной полиграфии «УГТУ», 2021. – С. 50–53.

6. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А. Техническое обслуживание конвертированных авиационных двигателей при планово-предупредительной системе // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 224–226.

#### **Literature:**

1. Velichko E.I., Muzykantova A.V., Inozemtsev D.A. Analysis of the causes of failures of gas turbine drives of gas pumping units // REFERATOTECH : Materials of the International scientific and practical conference: in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 1. – P. 69–72.

2. Inozemtsev D.A., Velichko E.I., Muzykantova A.V. The current state of methods and means of diagnosing systems of pipe-wire transport // REFERATOTECH: Materials of the International scientific and practical conference: in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 1. – P. 133–136.

3. Inozemtsev D.A., Sleptsov A.A. Modern converted aircraft engines based on NK<sub>12</sub> // Nauka. A new generation. Success : proceedings of the II International scientific and practical conference in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 215–217.

4. Traditional methods of cooling the combustion chambers of gas turbines / D.A. Inozemtsev [et al.] // Science. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 volumes. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 236–238.

5. Velichko E.I., Inozemtsev D.A. Methods and means of monitoring the technical condition of the compressor unit // Rassokhin readings : Proceedings of the international conference, Ukhta, February 04–05, 2021 / Edited by R.V. Agin. – Ukhta : Operational Printing Group «UGTU», 2021. – P. 50–53.

6. Inozemtsev D.A., Tereshchenko I.A. Maintenance of converted aircraft engines with a planned warning system // Nauka. The new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 224–226.



## ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

\*\*\*\*\*

### HEAT EXCHANGERS

**Иноземцев Дмитрий Александрович**

старший преподаватель  
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
d.a.inozemtsev@mail.ru

**Колесник Иван Александрович**

аспирант кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены вопросы о назначении и принципе работы теплообменных аппаратов. Описаны основные виды теплообменных аппаратов, которые применяют на современных нефтеперерабатывающих заводах.

**Ключевые слова:** аппарат, теплообменник, технологический процесс, конструкция.

\*\*\*\*\*

**Inozemtsev Dmitry Alexandrovich**

Senior Lecturer of the Department of Equipment for Oil and Gas Fields,  
Institute «Oil, Gas and Energy»,  
Kuban State Technological University  
d.a.inozemtsev@mail.ru

**Kolesnik Ivan Aleksandrovich**

Postgraduate Student of the Department of Equipment for Oil and Gas Fields,  
Institute «Oil, Gas and Energy»,  
Kuban State Technological University

**Annotatuon.** This article discusses the issues of the purpose and principle of operation of heat exchangers. The main types of heat exchangers that are used in modern oil refineries are described.

**Keywords:** apparatus, heat exchanger, technological process, design.

\*\*\*\*\*

**Т**еплообменный аппарат – это устройство, предназначенное для передачи тепла от горячего теплоносителя к холодному через элементы конструкции аппарата, в некоторых случаях принцип действия основывается на смешении двух сред.

Эксплуатация теплообменных аппаратов нашла широкое применение в нефтегазовой отрасли, в частности на нефтеперерабатывающих заводах.

Основные виды теплообменников, применяемых на НПЗ:

- кожухотрубчатые;
- с линзовым компенсатором;
- с плавающей головкой;
- с U-образным пучком труб.

В устройствах кожухотрубчатого типа, с использованием системы труба в трубе, все элементы конструкции состоят из двух труб: наружной, с закрытым нижним концом, и внутренней с открытым концом.

Закрепление верхнего конца внутренней трубы меньшего диаметра осуществляется с помощью сварки или развальцовочного способа, на верхней трубной решетке. Закрепление трубы с большим диаметром осуществляется на нижней решетке. Нагревание технологической среды происходит внутри трубы, после чего через кольцевой канал, служащий для соединения внутренней и наружной трубы, проникает дальше.

Линзовые компенсаторы устанавливаются на аппаратах небольшого диаметра и работающих при невысоком давлении.

Увеличение или уменьшение длины труб из-за температурного воздействия компенсируется температурными компенсаторами на корпусе аппарата.

Такой аппарат расширяет диапазон работы по температуре, но ограничивает возможность применения по давлению.

На заводах широко применяются теплообменные аппараты с самостоятельной компенсацией термических расширений, которые называют теплообменники с плавающей головкой.

Конструктивное отличие в том, что они имеют плавающую головку, которая не прикреплена к корпусу аппарата. Такая конструкция позволяет трубному пучку свободно передвигаться при линейном расширении труб, не создавая напряжений и имея возможность свободно деформироваться.

Теплообменные аппараты с U-образными трубами используют для нагрева и охлаждения жидкостей и газов, как правило, без изменения их агрегатного состояния, с давлением до 6,4 МПа.

Любая технологическая линия НПЗ состоит из теплообменника. В сфере нефтепереработки без подобных устройств обойтись невозможно.

### **Литература:**

1. Величко Е.И., Музыкантова А.В., Иноземцев Д.А. Анализ причин отказов газотурбинных приводов газоперекачивающих агрегатов // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 69–72.

2. Иноземцев Д.А., Величко Е.И., Музыкантова А.В. Современное состояние методов и средств диагностирования систем трубопроводного транспорта // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 133–136.

3. Иноземцев Д.А., Слепцов А.А. Современные конвертированные авиадвигатели на основе НК<sub>12</sub> // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 215–217.

4. 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.

5. Величко Е.И., Иноземцев Д.А. Методы и средства контроля технического состояния компрессорной установки // Рассохинские чтения : Материалы международной конференции, Ухта, 04–05 февраля 2021 года / Под редакцией Р.В. Агиней. – Ухта : Группа оперативной полиграфии «УГТУ», 2021. – С. 50–53.

6. Иноземцев Д.А., Терещенко И.А. Техническое обслуживание конвертированных авиационных двигателей при планово-предупредительной системе // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 224–226.

### **Literature:**

1. Velichko E.I., Muzykantova A.V., Inozemtsev D.A. Analysis of the causes of failures of gas turbine drives of gas pumping units // REFERATOTECH : Materials of the International scientific and practical conference: in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 1. – P. 69–72.
2. Inozemtsev D.A., Velichko E.I., Muzykantova A.V. The current state of methods and means of diagnosing systems of pipe-wire transport // REFERATOTECH: Materials of the International scientific and practical conference: in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 1. – P. 133–136.
3. Inozemtsev D.A., Sleptsov A.A. Modern converted aircraft engines based on NK<sub>12</sub> // Nauka. A new generation. Success : proceedings of the II International scientific and practical conference in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 215–217.
4. Traditional methods of cooling the combustion chambers of gas turbines / D.A. Inozemtsev [et al.] // Science. A new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 volumes. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 236–238.
5. Velichko E.I., Inozemtsev D.A. Methods and means of monitoring the technical condition of the compressor unit // Rassokhin readings : Proceedings of the international conference, Ukhta, February 04–05, 2021 / Edited by R.V. Agin. – Ukhta : Operational Printing Group «UGTU», 2021. – P. 50–53.
6. Inozemtsev D.A., Tereshchenko I.A. Maintenance of converted aircraft engines with a planned warning system // Nauka. The new generation. Success : materials of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – Vol. 1. – P. 224–226.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА  
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ  
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

\*\*\*\*\*

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE STIRLING ENGINE USING  
UNCONVENTIONAL AND RENEWABLE ENERGY SOURCES**

**Каграманова Александра Александровна**

старший преподаватель кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
kaa\_200110@mail.ru

**Арушанян Рубен Рафаэлович**

аспирант кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
rubenarushanyan@gmail.com

**Декусарова Анастасия Романовна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
dekusarova@mail.ru

**Марченко Татьяна Александровна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
tatyanka2000@inbox.ru

**Босых Ефим Андреевич**

студент 4 курса,  
Кубанский государственный технологический университет  
e.bosykh@atiss.info

**Каграманова Ирина Александровна**

МБОУ СОШ № 4 пгт. Черноморского им. Мачуги В.Н.  
kaa\_200110@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрена возможность применения двигателя Стирлинга при использовании возобновляемых источников энергии. Показано преимущество такого использования. Получено выражение для термического КПД двигателя Стирлинга. Показано, что работа за цикл пропорциональна количеству вещества, а значит и давлению рабочего тела, разности температур и, в меньшей степени, зависит от коэффициента расширения.

**Ключевые слова:** двигатель Стирлинга, КПД, цикл, работа.

\*\*\*\*\*

**Kagramanova Alexandra Alexandrovna**

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
kaa\_200110@mail.ru

**Arushanyan Ruben Rafaelovich**

Postgraduate Student, Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
rubenarushanyan@gmail.com

**Dekusarova Anastasiya Romanovna**

4th year Student of the Department of heat power engineering,  
Kuban State Technological University  
dekusarova@mail.ru

**Marchenko Tatyana Alexandrovna**

4th year Student of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
tatyanka2000@inbox.ru

**Bosykh Efim Andreevich**

4th year Student,  
Kuban State Technological University  
e.bosykh@atiss.info

**Kagramanova Irina Aleksandrovna**

MBOU SOSH № 4 village. The Black Sea im. Machugi V.N.  
kaa\_200110@mail.ru

**Annotation.** The possibility of using the Stirling engine when using unconventional and renewable energy sources is considered. The advantage of such use is shown. An expression for the thermal efficiency of the Stirling engine is obtained. It is shown that the work per cycle is proportional to the amount of substance, and hence to the pressure of the working fluid, the temperature difference and, to a lesser extent, depends on the expansion coefficient.

**Keywords:** Stirling engine, efficiency, cycle, operation.

\*\*\*\*\*

**Р**ассмотрим классический цикл Стирлинга и его принцип действия. Двигатель Стирлинга работает по замкнутому циклу, в соответствии с которым, рабочее тело, расширяется при более высокой температуре и сжимается – при более низкой, что обеспечивает положительную работу за цикл.

Прототипом реального цикла является идеальный цикл Стирлинга, состоящим из двух изотерм и двух изохор. Машина Стирлинга может работать как в прямом цикле (в этом случае она является двигателем), так и в обратном (в этом случае, она является холодильной машиной). Расширение рабочего тела происходит при более высокой температуре нагревателя  $T_1$ , а сжатие – при температуре холодильника  $T_2$  в изотермических процессах. Переход рабочего тела между этими температурами осуществляется в ходе двух изохорных.

Получим выражение для КПД цикла. Рабочее тело получает тепло в ходе изохорного нагревания и изотермического расширения:

$$Q_H = q_1 + Q_1 = \nu \cdot C_V \cdot (T_1 - T_2) + \nu \cdot R \cdot T_1 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}, \quad (1)$$

и отдает в ходе изохорного охлаждения и изотермического сжатия:

$$Q_X = q_2 + Q_2 = \nu \cdot C_V \cdot (T_1 - T_2) + \nu \cdot R \cdot T_2 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}. \quad (2)$$

Работа, совершенная за цикл равна

$$A = Q_1 - Q_2 = \nu \cdot R \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} \cdot (T_1 - T_2), \quad (3)$$

Термический коэффициент полезного действия равен

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{v \cdot R \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} \cdot (T_1 - T_2)}{v \cdot R \cdot T_2 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} \cdot T_1 + q_1}. \quad (4)$$

Стирлинг предложил теплоту  $q_1$  получать не от нагревателя, а от регенератора, в который эта теплота поступает в результате теплообмена при изохорном охлаждении газа. В этом случае  $q_1$  в знаменателе исчезает и формула (4) имеет вид:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}. \quad (5)$$

Так же рассмотрим преимущества двигателя Стирлинга и возможные применения ДС в области нетрадиционных возобновляемых источников энергии.

Использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) имеет особое значение, поскольку геологоразведочные работы, разработка нефтяных и газовых скважин, а также добыча нефти и газа часто проводятся в удаленных и труднодоступных местах вдали от электрических сетей и автомагистралей, а самодостаточное электроснабжение объектов в настоящее время осуществляется с помощью дизельных электростанций. что связано с необходимой подачей топлива и, соответственно, высокими накладными расходами. Предыдущие исследования авторов показали важность оптимального состава энергетического комплекса на основе НВИЭ, в том числе универсального преобразователя энергии, как тепловой, так и электрической. Единственный известный в настоящее время преобразователь этого типа – это генератор Стирлинга, машина, в которой генератор

Двигатель Стирлинга (ДС) – относится к двигателям внешнего сгорания, а точнее к внешнего подвода тепла. Для работы ДС необходимо обеспечить только разницу температур в его теплообменниках. В качестве нагревателя можно использовать палящее тепло, пар или воду, нагретую в геотермальных или солнечных коллекторах. Солнечная энергия также может поставляться напрямую от гелиоконцентраторов. В этих случаях предусмотрена особая конструкция ДК с кварцевой головкой, через которую сконцентрированное солнечное излучение попадает непосредственно в расширительную камеру. Эти двигатели могут даже использовать геотермальную воду, подаваемую непосредственно из скважины, или попутный нефтяной газ, который может быть очень коррозионным. В качестве холодильника можно использовать окружающую среду, ледяную воду, лед или снег.

ДС не имеет топки, клапанов, системы питания, топливной системы. На некоторых типах ДС, таких как свободнопоршневой двигатель Била, отсутствует кривошипно-шатунный механизм и коленчатый вал, отсутствует трансмиссия, передающая движение от одних узлов к другим. Последнее условие позволяет полностью отказаться от смазки, используя в качестве уплотнителей специальные материалы. При работе двигателей внутреннего сгорания отсутствуют небольшие взрывы или выбросы сгоревших газов. Эти конструктивные особенности обеспечивают чрезвычайно низкий уровень шума и непревзойденный срок службы и достигают десятков и сотен тысяч часов непрерывной работы без необходимости обслуживания.

На основании выше изложенного можно сделать вывод, что за ДС – будущее, работать над которым надо уже сейчас.

### Литература:

1. Проблемы обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров типа РВС / А.А. Каграманова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 260–264.

2. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Причины разрушения резервуаров нефтепродуктов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 265–270.
3. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Описание компрессорной станции // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 271–274.
4. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Параметры турбины и их измерение // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 275–279.
5. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Технологический процесс компремирования природного газа // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 280–283.
6. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Физико-математическое моделирование и экспериментальные исследования коэффициента теплопроводности нефтегазонасыщенных горных пород // Экспериментальные методы исследования пластовых систем: проблемы и решения: Тезисы докладов I Международного научно-практического семинара, Москва, 01–02 июля 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», 2021. – С. 30.
7. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение давления // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 264–267.
8. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение температура // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 268–271.
9. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Эксплуатация подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 259–263.
10. Виды потерь нефтепродуктов при операциях в резервуарных парках / И.А. Терещенко [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 254–258.
11. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Диагностика подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 248–253.
12. Гапоненко А.М., Каграманова А.А. Оптимизация состава комплекса возобновляемых источников энергии с использованием кластерного подхода и теории случайных процессов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 116. – С. 94–109.
13. Гапоненко А.М., Каграманова А.А. Математическое моделирование работы двигателя Стирлинга // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2016. – № 4(192). – С. 29–35. – DOI 10.17213/0321-2653-2016-4-29-35.
14. Общая энергетика / В.В. Шапошников [и др.]. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2020. – 287 с. – ISBN 978-5-8333-0955-1.

#### **Literature:**

1. Problems of ensuring the safe operation of tanks such as RVS / A.A. Kagramanova [et al.] // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 260–264.
2. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Causes of destruction of oil products retanks // Science. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 265–270.

3. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Description of compressor station // Science. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 271–274.
4. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Turbine parameters and their measurement // Nauka. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 275–279.
5. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Technological process of natural gas compression // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 280–283.
6. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Physical and mathematical modeling and experimental studies of thermal conductivity coefficient of oil and gas bearing rocks // Experimental methods of reservoir systems studies: problems and solutions: Abstracts of I International Scientific-Practical Seminar, Moscow, July 01–02, 2021. – M. : Limited Liability Company «Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ», 2021. – P. 30.
7. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Pressure Measurement // Nauka. New generation. Success: materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 264–267.
8. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Temperature Measurements // Nauka. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 268–271.
9. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Operation of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 259–263.
10. Types of oil products losses during operations in tank farms / I.A. Tereschenko [et al.] // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 254–258.
11. Tereshchenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Diagnostics of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 248–253.
12. Gaponenko A.M., Kagramanova A.A. Optimization of the composition of the complex of renewable energy sources using the cluster approach and random processes theory // Polythematical Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. – 2016. – № 116. – P. 94–109.
13. Gaponenko A.M., Kagramanova A.A. Mathematical modeling of Stirling engine operation // Proceedings of higher educational institutions. North-Caucasian region. Technical Sciences. – 2016. – № 4 (192). – P. 29–35. – DOI 10.17213/0321-2653-2016-4-29-35.
14. General power engineering / V.V. Shaposhnikov [et al.]. – Krasnodar : Kuban state technological university, 2020. – 287 p. – ISBN 978-5-8333-0955-1.



**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕСТАТИСТИЧЕСКОЙ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ  
УСТАНОВОК, УЧИТЫВАЯ СТАТИСТИЧЕСКОЕ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ВЕТРА**

\*\*\*\*\*

**CALCULATION OF THE AVERAGE PERFORMANCE  
OF WIND POWER PLANTS, TAKING INTO ACCOUNT  
THE STATISTICAL DISTRIBUTION OF WIND SPEED**

**Каграманова Александра Александровна**

старший преподаватель кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
kaa\_200110@mail.ru

**Арушанян Рубен Рафаэлович**

аспирант кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
rubenarushanyan@gmail.com

**Декусарова Анастасия Романовна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
dekusarova@mail.ru

**Марченко Татьяна Александровна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
tatyanka2000@inbox.ru

**Босых Ефим Андреевич**

студент 4 курса,  
Кубанский государственный технологический университет  
e.bosykh@atiss.info

**Каграманова Ирина Александровна**

МБОУ СОШ № 4 пгт. Черноморского им. Мачуги В.Н.  
kaa\_200110@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье представлен расчет ветроэнергетической установки. Составлено выражение энергетической мощности воздушного потока; необходимые для построения процесса производительности ВЭУ.

**Ключевые слова:** ветроэнергетическая установка, мощность, моделирование, энергетическая ценность.

\*\*\*\*\*

**Kagramanova Alexandra Alexandrovna**

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
kaa\_200110@mail.ru

**Arushanyan Ruben Rafaelovich**

Postgraduate Student, Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
rubenarushanyan@gmail.com

**Dekusarova Anastasiya Romanovna**

4th year Student of the Department of heat power engineering,  
Kuban State Technological University  
dekusarova@mail.ru

**Marchenko Tatyana Alexandrovna**

4th year Student of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
tatyanka2000@inbox.ru

**Bosykh Efim Andreevich**

4th year Student,  
Kuban State Technological University  
e.bosykh@atiss.info

**Kagramanova Irina Aleksandrovna**

MBOU SOSH № 4 village. The Black Sea im. Machugi V.N.  
kaa\_200110@mail.ru

**Annotation.** This article presents the calculation of a wind power plant. The expression of the energy power of the air flow is compiled; the main dependencies necessary for constructing a generalized model of the wind turbine performance process are identified.

**Keywords:** wind power plant, power, modeling, energy value.

\*\*\*\*\*

При проектировании сложной ветроэнергетической установки необходимо знать практическую реализацию установки в конкретной точке местности. Поскольку скорость ветра является случайной величиной, сила тяги также будет случайной, поэтому для оценки процесса можем использовать статистическое значение средней единичной мощности за раз, обычно за год:

$$\langle N \rangle = \int_{v_1}^{v_2} N(v)f(v)dv, \quad (1)$$

где  $N(v)$  – мощность ВЭУ в зависимости от скорости,  $f(v)$  – плотность вероятности распределения по скоростям,  $[v_1, v_2]$  – допустимый интервал скоростей.

Как следует из формулы (1), кроме плотности вероятности, необходимо также знать вид функции  $N(v)$ , которая представляет собой техническую характеристику устройства. Обычно в сопроводительных документах к ВЭУ указываются следующие параметры:

Полагая, что эти четыре размерных параметра являются существенными для искомой функции

$$N = f(v, v_n, v_0, N_n, N_m), \quad (2)$$

В основе физического моделирования лежит теория подобия, основу которой составляет Пи-теорема. Согласно этой теореме, взаимозависимость между  $n$  размерными параметрами, среди которых имеются  $m$  параметров с независимыми размерностями, можно представить как зависимость между  $n-m$  безразмерными комплексами. В работе [3] имеются содержательные примеры применения теоремы, там же подробно описываются преимущества представления задачи в безразмерной форме. В соответствии с теоремой перейдем в выражении (2) к безразмерной форме:

$$\frac{N}{N_n} = f_1 \left( \frac{v}{v_n}, \frac{N_m}{N_n}, \frac{v_0}{v_n} \right), \quad (3)$$

Для установления структуры искомой зависимости воспользуемся некоторыми физическими соображениями. Энергетическая ценность воздушного потока описывается ветроэнергетическим потенциалом,

$$w = \frac{1}{2} \rho v^3, \quad (4)$$

который характеризует плотность потока кинетической энергии, т.е. количество энергии, проходящее через единицу площади сечения воздушного потока в единицу времени. Часть энергии ветра неизбежно теряется с выходящим потоком. Другая часть преобразуется в тепло за счет диссипации. Поток воздуха, на выходе из турбины крайне неоднороден по сечению, с ростом скорости ветра растет турбулизация воздушного потока за счет взаимодействия с лопастями. Таким образом, начиная с определенной мощности  $N_m$ , дальнейший ее рост прекращается.

### **Литература:**

1. Проблемы обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров типа РВС / А.А. Каграманова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 260–264.
2. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Причины разрушения резервуаров нефтепродуктов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1 – С. 265–270.
3. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Описание компрессорной станции // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 271–274.
4. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Параметры турбины и их измерение // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 275–279.
5. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Технологический процесс компремирования природного газа // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 280–283.
6. Колесников Б.П., Магоматов А.С., Арушанян Р.Р. Физико-математическое моделирование и экспериментальные исследования коэффициента теплопроводности нефтегазоносных горных пород // Экспериментальные методы исследования пластовых систем: проблемы и решения: Тезисы докладов I Международного научно-практического семинара, Москва, 01–02 июля 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», 2021. – С. 30.
7. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение давления // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 264–267.
8. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение температура // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 268–271.
9. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Эксплуатация подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 259–263.
10. Виды потерь нефтепродуктов при операциях в резервуарных парках / И.А. Терещенко [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 254–258.
11. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Диагностика подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 248–253.
12. Гапоненко А.М., Каграманова А.А. Оптимизация состава комплекса возобновляемых источников энергии с использованием кластерного подхода и теории случайных процессов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 116. – С. 94–109.

13. Гапоненко А.М., Каграманова А.А. Математическое моделирование работы двигателя Стирлинга // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2016. – № 4(192). – С. 29–35. – DOI 10.17213/0321-2653-2016-4-29-35.
14. Общая энергетика / В.В. Шапошников [и др.]. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2020. – 287 с. – ISBN 978-5-8333-0955-1.

#### **Literature:**

1. Problems of ensuring the safe operation of tanks such as RVS / A.A. Kagramanova [et al.] // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 260–264.
2. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Causes of destruction of oil products retanks // Science. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 265–270.
3. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Description of compressor station // Science. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 271–274.
4. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Turbine parameters and their measurement // Nauka. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 275–279.
5. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Technological process of natural gas compression // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 280–283.
6. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Physical and mathematical modeling and experimental studies of thermal conductivity coefficient of oil and gas bearing rocks // Experimental methods of reservoir systems studies: problems and solutions: Abstracts of I International Scientific-Practical Seminar, Moscow, July 01–02, 2021. – M. : Limited Liability Company «Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ», 2021. – P. 30.
7. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Pressure Measurement // Nauka. New generation. Success: materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 264–267.
8. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Temperature Measurements // Nauka. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 268–271.
9. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Operation of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 259–263.
10. Types of oil products losses during operations in tank farms / I.A. Tereschenko [et al.] // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 254–258.
11. Tereshchenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Diagnostics of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 248–253.
12. Gaponenko A.M., Kagramanova A.A. Optimization of the composition of the complex of renewable energy sources using the cluster approach and random processes theory // Polythematical Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. – 2016. – № 116. – P. 94–109.
13. Gaponenko A.M., Kagramanova A.A. Mathematical modeling of Stirling engine operation // Proceedings of higher educational institutions. North-Caucasian region. Technical Sciences. – 2016. – № 4 (192). – P. 29–35. – DOI 10.17213/0321-2653-2016-4-29-35.
14. General power engineering / V.V. Shaposhnikov [et al.]. – Krasnodar : Kuban state technological university, 2020. – 287 p. – ISBN 978-5-8333-0955-1.

**ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИЭ  
С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ЭНЕРГОУСТАНОВОК**

\*\*\*\*\*

**FEATURES OF INTEGRATED USE OF RENEWABLE ENERGY  
IN ORDER TO INCREASE THE EFFICIENCY OF POWER PLANTS**

**Каграманова Александра Александровна**

старший преподаватель кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
kaa\_200110@mail.ru

**Арушанян Рубен Рафаэлович**

аспирант кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
rubenarushanyan@gmail.com

**Декусарова Анастасия Романовна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
dekusarova@mail.ru

**Марченко Татьяна Александровна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
tatyanka2000@inbox.ru

**Босых Ефим Андреевич**

студент 4 курса,  
Кубанский государственный технологический университет  
e.bosykh@atiss.info

**Каграманова Ирина Александровна**

МБОУ СОШ № 4 пгт. Черноморского им. Мачуги В.Н.  
kaa\_200110@mail.ru

**Аннотация.** В публикуемой статье показаны преимущества совмещенных систем использования ВИЭ. Рассмотрено комплексное использование тепловой энергии в сочетании с возобновляемыми источниками энергии.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, плотность потока, эффективность, комплексное использование.

\*\*\*\*\*

**Kagramanova Alexandra Alexandrovna**

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
kaa\_200110@mail.ru

**Arushanyan Ruben Rafaelovich**

Postgraduate Student, Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
rubenarushanyan@gmail.com

**Dekusarova Anastasiya Romanovna**

4th year Student of the Department of heat power engineering,  
Kuban State Technological University  
dekusarova@mail.ru

**Marchenko Tatyana Alexandrovna**

4th year Student of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
tatyanka2000@inbox.ru

**Bosykh Efim Andreevich**

4th year Student,  
Kuban State Technological University  
e.bosykh@atiss.info

**Kagramanova Irina Aleksandrovna**

MBOU SOSH № 4 village. The Black Sea im. Machugi V.N.  
kaa\_200110@mail.ru

**Annotation.** The published article shows the advantages of combined renewable energy use systems. The complex use of thermal energy in combination with renewable energy sources is considered, the relevance of combined systems is also presented.

**Keywords:** renewable energy sources, flow density, efficiency, integrated use.

\*\*\*\*\*

**В**озобновляемые источники энергии являются неотъемлемой частью, свойством окружающей среды и поэтому целесообразно комплексное применение их в различных отраслях народного хозяйства: строительстве, ЖКХ, сельском хозяйстве и др., например, на Филиппинах, в Китае и Индии отходы животноводства используются для производства биогаза, а также жидкого и твердого топлива, а в целом – для производства удобрений и высокоэффективного ведения сельского хозяйства.

Преимуществом совмещенных систем являются: неразрывная постоянная связь с окружающей средой, простота совмещения систем, возможность работы с единой аккумулирующей системой, возможность повторных циклов и оптимизации систем.

Малая плотность потока возобновляемой энергии и трудности регулирования режимов ее поступления не позволяют в ближайшие десятилетия ориентировать развитие энергетики исключительно на ВИЭ. Например, неравномерность потока солнечной радиации, высокая стоимость оптической системы делают солнечные электростанции (СЭС) пока неконкурентоспособными с традиционными ТЭС на органическом топливе.

Комплексное использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), комбинирование различных комплементарных, т.е. взаимодополняющих друг друга, источников на основе интегральной оценки их потенциала приводит к существенному повышению эффективности не только отдельных энергоустановок, но и энергосистем различного масштаба. В отличие от традиционных источников, эффективность комплексного использования ВИЭ обладает синергетическим эффектом, изменяющимся в зависимости от потенциала и комплементарности различных источников на региональном уровне.

Таким образом, появляется необходимость создания новых методик анализа и оценки возможностей эффективного комплексного вовлечения ВИЭ в региональные энергетические системы. В то же время определение эффективных вариантов вовлечения возобновляемых источников энергии в энергобаланс представляет собой сложную задачу: оценку эффективности необходимо проводить по многим критериям с учётом нечётко очерченных изменяющихся во времени ограничений, неточных или неопределённых исходных данных. Успешное решение этой задачи возможно только на основе системного подхода, позволяющего проводить всестороннее рассмотрение изучаемой системы с учетом ее внешних и внутренних взаимосвязей, многочисленных целей, разнообразных ограничений и возможных последствий принимаемых решений. Поэтому задача создания методики оценки эффективности вовлечения возобновляемых источ-

ников энергии в энергетический баланс на основе системного подхода, позволяющего учитывать множество противоречивых факторов в условиях неточных или неопределенных исходных данных, является актуальной.

### **Литература:**

1. Проблемы обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров типа РВС / А.А. Каграманова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 260–264.
2. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Причины разрушения резервуаров нефтепродуктов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 265–270.
3. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Описание компрессорной станции // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 271–274.
4. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Параметры турбины и их измерение // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 275–279.
5. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Технологический процесс компремирования природного газа // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 280–283.
6. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Физико-математическое моделирование и экспериментальные исследования коэффициента теплопроводности нефтегазоносных горных пород // Экспериментальные методы исследования пластовых систем: проблемы и решения: Тезисы докладов I Международного научно-практического семинара, Москва, 01–02 июля 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», 2021. – С. 30.
7. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение давления // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 264–267.
8. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение температура // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 268–271.
9. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Эксплуатация подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 259–263.
10. Виды потерь нефтепродуктов при операциях в резервуарных парках / И.А. Терещенко [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 254–258.
11. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Диагностика подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 248–253.
12. Гапоненко А.М., Каграманова А.А. Оптимизация состава комплекса возобновляемых источников энергии с использованием кластерного подхода и теории случайных процессов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 116. – С. 94–109.
13. Гапоненко А.М., Каграманова А.А. Математическое моделирование работы двигателя Стирлинга // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2016. – № 4 (192). – С. 29–35. – DOI 10.17213/0321-2653-2016-4-29-35.
14. Общая энергетика / В.В. Шапошников [и др.]. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2020. – 287 с. – ISBN 978-5-8333-0955-1.

### **Literature:**

1. Problems of ensuring the safe operation of tanks such as RVS / A.A. Kagramanova [et al.] // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 260–264.
2. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Causes of destruction of oil products retanks // Science. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 265–270.
3. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Description of compressor station // Science. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 271–274.
4. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Turbine parameters and their measurement // Nauka. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 275–279.
5. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Technological process of natural gas compression // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 280–283.
6. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Physical and mathematical modeling and experimental studies of thermal conductivity coefficient of oil and gas bearing rocks // Experimental methods of reservoir systems studies: problems and solutions: Abstracts of I International Scientific-Practical Seminar, Moscow, July 01–02, 2021. – M. : Limited Liability Company «Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ», 2021. – P. 30.
7. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Pressure Measurement // Nauka. New generation. Success: materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 264–267.
8. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Temperature Measurements // Nauka. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 268–271.
9. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Operation of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 259–263.
10. Types of oil products losses during operations in tank farms / I.A. Tereschenko [et al.] // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 254–258.
11. Tereshchenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Diagnostics of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 248–253.
12. Gaponenko A.M., Kagramanova A.A. Optimization of the composition of the complex of renewable energy sources using the cluster approach and random processes theory // Polythematical Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. – 2016. – № 116. – P. 94–109.
13. Gaponenko A.M., Kagramanova A.A. Mathematical modeling of Stirling engine operation // Proceedings of higher educational institutions. North-Caucasian region. Technical Sciences. – 2016. – № 4 (192). – P. 29–35. – DOI 10.17213/0321-2653-2016-4-29-35.
14. General power engineering / V.V. Shaposhnikov [et al.]. – Krasnodar : Kuban state technological university, 2020. – 287 p. – ISBN 978-5-8333-0955-1.



**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ФОРМЫ  
ПРАВИТЕЛЬСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ  
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

\*\*\*\*\*

**ENERGY POTENTIAL AND FORMS OF GOVERNMENT SUPPORT  
FOR RENEWABLE ENERGY SOURCES**

**Каграманова Александра Александровна**

старший преподаватель кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
kaa\_200110@mail.ru

**Арушанян Рубен Рафаэлович**

аспирант кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
rubenarushanyan@gmail.com

**Декусарова Анастасия Романовна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
dekusarova@mail.ru

**Марченко Татьяна Александровна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
tatyanka2000@inbox.ru

**Босых Ефим Андреевич**

студент 4 курса,  
Кубанский государственный технологический университет  
e.bosykh@atiss.info

**Каграманова Ирина Александровна**

МБОУ СОШ № 4 пгт. Черноморского им. Мачуги В.Н.  
kaa\_200110@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются виды ВИЭ, их энергетический потенциал ВИЭ. Описываются различные формы государственной поддержки для стимулирования и поддержки внедрения ВИЭ.

**Ключевые слова:** источники энергии, энергетический потенциал, развитие ВИЭ, формы государственной поддержки.

\*\*\*\*\*

**Kagramanova Alexandra Alexandrovna**

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
kaa\_200110@mail.ru

**Arushanyan Ruben Rafaelovich**

Postgraduate Student, Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
rubenarushanyan@gmail.com

**Dekusarova Anastasiya Romanovna**

4th year Student of the Department of heat power engineering,  
Kuban State Technological University  
dekusarova@mail.ru

**Marchenko Tatyana Alexandrovna**

4th year Student of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
tatyanka2000@inbox.ru

**Bosykh Efim Andreevich**

4th year Student,  
Kuban State Technological University  
e.bosykh@atiss.info

**Kagramanova Irina Aleksandrovna**

MBOU SOSH № 4 village. The Black Sea im. Machugi V.N.  
kaa\_200110@mail.ru

**Annotation.** This article examines the types of renewable energy sources, their energy potential of renewable energy sources. Various forms of government support to stimulate and support the introduction of RES are described.

**Keywords:** energy sources, energy potential, development of renewable energy sources, forms of government support.

\*\*\*\*\*

**В**озобновляемая энергетика начала свое поступательное движение в последней четверти прошлого века. Для специалистов безусловна бесконечность источников возобновляемой энергетике и конечность органических.

Энергосистемы с ВИЭ обладают рядом преимуществ, к числу основных из которых относятся: повсеместность местонахождения, неисчерпаемость, бесплатность, экономичность малых систем, самообеспеченность источниками энергии и экологическая чистота.

Среди возобновляемых источников энергии широко распространены ветроэнергетические, малые гидроэнергетические (в их числе: микро-, мини- и малые ГЭС), солнечные установки: солнечные коллекторы (СК), солнечные фотоэлектрические преобразователи (ФЭП), биогазовые установки (БГУ), а в числе нетрадиционных источников энергии (тепла) – тепловые насосы с использованием в испарителей низкопотенциального тепла грунта, сбросных вод очистных сооружений, тепловых стоков промышленных отходов или просто окружающего воздуха до небольших отрицательных температур.

Все указанные источники энергии могут использоваться либо в моно- энергостанциях, использующих один вид оборудования (ВЭУ или, например, ФЭП), либо в той или иной конфигурации в составе комплексных установок, состоящих, как правило, из дизель-генератора (для гарантированного обеспечения энергией) и вариативного набора нескольких нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) в разных сочетаниях. Так, известны комплексные ветро-солнечные, ветро-дизельные и дизельветро-солнечные установки, использующие два или три ВИЭ (соответственно, их можно обозначать, как дуплекс и трио-КС ВИЭ). Таким образом, гипотетически возможно повышение резервирования энергокомплексов с учетом местных, региональных или территориальных возможностей, до кватро- (четырёх), пента- (пяти), сикстет-систем (шести видов оборудования) и т.д., в соответствующие энергокомплексы на основе ВИЭ.

Термин возобновляемые источники энергии (ВИЭ) применяется по отношению к тем источникам энергии, запасы которых восполняются естественным образом, прежде всего, за счет поступающего на поверхность Земли потока энергии солнечного излучения, и в обозримой перспективе являются практически неисчерпаемыми. Это, в первую очередь, сама солнечная энергия, а также ее производные: энергия ветра, энергия растительной биомассы, энергия водных потоков и т.п. К возобновляемым источникам энергии относят также геотермальное тепло, поступающее на поверхность Земли из ее недр, низкопотенциальное тепло окружающей среды, а также некоторые источники энергии, связанные с жизнедеятельностью человека.

Энергетический потенциал большинства из перечисленных выше ВИЭ в масштабах планеты и территорий стран во много раз превышает современный уровень энергопотребления, и поэтому они могут всерьез рассматриваться как возможный источник производства энергии.

Вместе с тем технологии использования различных ВИЭ активно развиваются во многих странах мира, многие из них достигли коммерческой зрелости и успешно конкурируют на рынке энергетических услуг, в том числе при производстве электрической энергии.

Для стимулирования и поддержки внедрения ВИЭ во многих странах используются различные формы правительственной поддержки:

- льготные тарифы для продажи электроэнергии, выработанной от ВИЭ, в сеть;
- использование для энергии, получаемой от ВИЭ, понятия «зеленая энергия», предполагающего более высокую цену ее для сознательного потребителя;
- налоговые льготы;
- льготные кредиты;
- во многих странах законодательно предписывается обеспечить к определенному сроку заданную долю ВИЭ в энергобалансе.

Основным препятствием на пути широкомасштабного использования ВИЭ является относительно высокая стоимость получаемой энергии.

#### **Литература:**

1. Проблемы обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров типа РВС / А.А. Каграманова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 260–264.
2. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Причины разрушения резервуаров нефтепродуктов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 265–270.
3. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Описание компрессорной станции // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 271–274.
4. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Параметры турбины и их измерение // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 275–279.
5. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Технологический процесс компремирования природного газа // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 280–283.
6. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Физико-математическое моделирование и экспериментальные исследования коэффициента теплопроводности нефтегазоносных горных пород // Экспериментальные методы исследования пластовых систем: проблемы и решения: Тезисы докладов I Международного научно-практического семинара, Москва, 01–02 июля 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», 2021. – С. 30.
7. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение давления // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 264–267.
8. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение температуры // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 268–271.
9. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Эксплуатация подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 259–263.

10. Виды потерь нефтепродуктов при операциях в резервуарных парках / И.А. Терещенко [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 254–258.
11. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Диагностика подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 248–253.
12. Гапоненко А.М., Каграманова А.А. Оптимизация состава комплекса возобновляемых источников энергии с использованием кластерного подхода и теории случайных процессов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 116. – С. 94–109.
13. Гапоненко А.М., Каграманова А.А. Математическое моделирование работы двигателя Стирлинга // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2016. – № 4 (192). – С. 29–35. – DOI 10.17213/0321-2653-2016-4-29-35.
14. Общая энергетика / В.В. Шапошников [и др.]. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2020. – 287 с. – ISBN 978-5-8333-0955-1.
15. Колесников Б.П., Арушанян Р.Р. Прогнозирование эффективной проводимости N-компонентной макроскопически неупорядоченной среды // Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и на транспорте – 2020 : труды XXVIII Международной конференции. – Новороссийск : Пензенский государственный университет, 2020. – С. 144–146.
16. Андрейко Н.Г., Арушанян Р.Р., Леонова Т.А. Использование гелиосистем в теплоснабжении объектов Краснодарского края // Referatotech : материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – Т. 1. – С. 12–15.
17. Андрейко Н.Г., Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Снижение вредных выбросов в атмосферу при сжигании жидких топлив // Referatotech : материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – Т. 1. – С. 16–19.

#### **Literature:**

1. Problems of ensuring the safe operation of tanks such as RVS / A.A. Kagramanova [et al.] // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 260–264.
2. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Causes of destruction of oil products retanks // Science. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 265–270.
3. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Description of compressor station // Science. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 271–274.
4. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Turbine parameters and their measurement // Nauka. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 275–279.
5. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Technological process of natural gas compression // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 280–283.
6. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Physical and mathematical modeling and experimental studies of thermal conductivity coefficient of oil and gas bearing rocks // Experimental methods of reservoir systems studies: problems and solutions: Abstracts of I International Scientific-Practical Seminar, Moscow, July 01–02, 2021. – M. : Limited Liability Company «Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ», 2021. – P. 30.

7. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Pressure Measurement // Nauka. New generation. Success: materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 264–267.
8. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Temperature Measurements // Nauka. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 268–271.
9. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Operation of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 259–263.
10. Types of oil products losses during operations in tank farms / I.A. Tereschenko [et al.] // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 254–258.
11. Tereshchenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Diagnostics of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 248–253.
12. Gaponenko A.M., Kagramanova A.A. Optimization of the composition of the complex of renewable energy sources using the cluster approach and random processes theory // Polythematical Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. – 2016. – № 116. – P. 94–109.
13. Gaponenko A.M., Kagramanova A.A. Mathematical modeling of Stirling engine operation // Proceedings of higher educational institutions. North-Caucasian region. Technical Sciences. – 2016. – № 4 (192). – P. 29–35. – DOI 10.17213/0321-2653-2016-4-29-35.
14. General power engineering / V.V. Shaposhnikov [et al.]. – Krasnodar : Kuban state technological university, 2020. – 287 p. – ISBN 978-5-8333-0955-1.
15. Kolesnikov B.P., Arushanyan R.R. Prediction of effective conductivity of N-component macroscopically disordered medium // Laser-information technologies in medicine, biology, geocology and- transport – 2020: Proceedings of XXVIII International Conference.– Novorossiysk : Penza State University, 2020. – P. 144–146.
16. Andreiko N.G., Arushanyan R.R., Leonova T.A. Use of Solar Systems in Heat Supply of Krasnodar Region Facilities // Referatotech : proceedings of International Scientific-Practical Conference: in 3 vols. – Krasnodar, 2020. – Vol. 1. – P. 12–15.
17. Andreiko N.G., Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Reduction of harmful emissions into the atmosphere during liquid fuels combustion // Referatotech : Proceedings of International Scientific-Practical Conference: in 3 vol. – Krasnodar, 2020. – Vol. 1. – P. 16–19.

## ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

\*\*\*\*\*

### GEOTHERMAL ENERGY EXTRACTION TECHNOLOGIES

**Каграманова Александра Александровна**

старший преподаватель кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
kaa\_200110@mail.ru

**Арушанян Рубен Рафаэлович**

аспирант кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
rubenarushanyan@gmail.com

**Декусарова Анастасия Романовна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
dekusarova@mail.ru

**Марченко Татьяна Александровна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
tatyanka2000@inbox.ru

**Босых Ефим Андреевич**

студент 4 курса,  
Кубанский государственный технологический университет  
e.bosykh@atiss.info

**Каграманова Ирина Александровна**

МБОУ СОШ № 4 пгт. Черноморского им. Мачуги В.Н.  
kaa\_200110@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены геотермальные ресурсы, их классы. Приведены технологии извлечения геотермальной энергии, сравнение традиционной технологии с геоциркуляционной.

**Ключевые слова:** геотермальные ресурсы, традиционная технология, геоциркуляционная технология, петрогеотермальные ресурсы.

\*\*\*\*\*

**Kagramanova Alexandra Alexandrovna**

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
kaa\_200110@mail.ru

**Arushanyan Ruben Rafaelovich**

Postgraduate Student, Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
rubenarushanyan@gmail.com

**Dekusarova Anastasiya Romanovna**

4th year Student of the Department of heat power engineering,  
Kuban State Technological University  
dekusarova@mail.ru

**Marchenko Tatyana Alexandrovna**

4th year Student of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
tatyanka2000@inbox.ru

**Bosykh Efim Andreevich**

4th year Student,  
Kuban State Technological University  
e.bosykh@atiss.info

**Kagramanova Irina Aleksandrovna**

MBOU SOSH № 4 village. The Black Sea im. Machugi V.N.  
kaa\_200110@mail.ru

**Annotation.** This article discusses geothermal resources and their classes. Geothermal energy extraction technologies, comparison of traditional technology with geocirculatory technology are presented. Petrogeothermal resources and hydrogeothermal resources are also described.

**Keywords:** geothermal resources, traditional technology, geocirculation technology, petrogeothermal resources, hydrogeothermal resources.

\*\*\*\*\*

**В** настоящее время принято выделять два основных класса геотермальных ресурсов: гидрогеотермальные и петрогеотермальные. Гидрогеотермальные ресурсы представляют собой ту часть ресурсов геотермальной энергии, которая приурочена к естественным коллекторам и представлена природными теплоносителями: подземными водами, паром или пароводяными смесями. Петрогеотермальные ресурсы представляют собой часть тепловой энергии, которая связана непосредственно со скелетом водовмещающих пород и с практически непроницаемыми горными породами. По имеющимся в научной литературе оценкам из всех пригодных для использования геотермальных ресурсов на природные теплоносители – термальные воды приходится чуть более 1 % и, соответственно, около 99 % – на петрогеотермальные. Однако практическое использование колоссальных петрогеотермальных ресурсов сопряжено с необходимостью решения комплекса весьма сложных научно-технических проблем проектирования и создания эффективных в гидравлическом, теплофизическом и экономическом отношении искусственных проницаемых подземных систем извлечения тепла (геоциркуляционных систем, тепловых котлов).

На современном этапе развития техники и технологии масштабы практического, технически и экономически целесообразного использования геотермальных ресурсов определяются в основном размерами запасов и ресурсов природных теплоносителей, т.е. величиной гидрогеотермальных ресурсов.

В настоящее время известны в научно-технической литературе и применяются следующие технологии извлечения геотермальной энергии:

– традиционная, базирующаяся на преимущественном использовании пластовой энергии недр;

– геоциркуляционная (ГЦС-технология), базирующаяся на обратной закачке «отработанного» теплоносителя в продуктивные водоносные горизонты, чем достигается восполнение ресурсов теплоносителя в недрах, поддержание пластовых давлений и интенсификация процесса извлечения тепловой энергии недр, а также решение проблемы экологически безопасного сброса использованных вод.

Традиционная технология реализуется при фонтанном или насосном способах эксплуатации скважин. При этом фонтанная эксплуатация скважин рассматривается как сугубо экстенсивный способ извлечения их недр теплоносителя, ограниченный величиной избыточного напора вод над поверхностью земли (устьем скважины). Как правило, эти напоры незначительны и, соответственно, не всегда могут обеспечить получение экономически выгодной производительности скважин.

Геоциркуляционная технология, в свою очередь, отличается достаточно высокой капиталоемкостью (необходимостью бурения нагнетательных скважин, сооружения насосных установок, установок по водоподготовке и т.д.) и энергоемкостью (затраты энергии на закачку теплоносителя).

Следует также иметь в виду, что при применении традиционной технологии в отличие от геоциркуляционной, задача экологически безопасного сброса «отработанного» теплоносителя должна решаться специально.

### **Литература:**

1. Проблемы обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров типа РВС / А.А. Каграманова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 260–264.
2. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Причины разрушения резервуаров нефтепродуктов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 265–270.
3. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Описание компрессорной станции // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 271–274.
4. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Параметры турбины и их измерение // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1.– С. 275–279.
5. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Технологический процесс компремирования природного газа // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 280–283.
6. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Физико-математическое моделирование и экспериментальные исследования коэффициента теплопроводности нефтегазоносных горных пород // Экспериментальные методы исследования пластовых систем: проблемы и решения: Тезисы докладов I Международного научно-практического семинара, Москва, 01–02 июля 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», 2021. – С. 30.
7. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение давления // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 264–267.
8. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение температуры // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 268–271.
9. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Эксплуатация подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 259–263.
10. Виды потерь нефтепродуктов при операциях в резервуарных парках / И.А. Терещенко [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 254–258.
11. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Диагностика подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 248–253.
12. Гапоненко А.М., Каграманова А.А. Оптимизация состава комплекса возобновляемых источников энергии с использованием кластерного подхода и теории случайных процессов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 116. – С. 94–109.



13. Гапоненко А.М., Каграманова А.А. Математическое моделирование работы двигателя Стирлинга // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2016. – № 4 (192). – С. 29–35. – DOI 10.17213/0321-2653-2016-4-29-35.

14. Общая энергетика / В.В. Шапошников [и др.]. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2020. – 287 с. – ISBN 978-5-8333-0955-1.

#### **Literature:**

1. Problems of ensuring the safe operation of tanks such as RVS / A.A. Kagramanova [et al.] // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 260–264.

2. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Causes of destruction of oil products retanks // Science. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 265–270.

3. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Description of compressor station // Science. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 271–274.

4. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Turbine parameters and their measurement // Nauka. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 275–279.

5. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Technological process of natural gas compression // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 280–283.

6. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Physical and mathematical modeling and experimental studies of thermal conductivity coefficient of oil and gas bearing rocks // Experimental methods of reservoir systems studies: problems and solutions: Abstracts of I International Scientific-Practical Seminar, Moscow, July 01–02, 2021. – M. : Limited Liability Company «Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ», 2021. – P. 30.

7. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Pressure Measurement // Nauka. New generation. Success: materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 264–267.

8. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Temperature Measurements // Nauka. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 268–271.

9. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Operation of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 259–263.

10. Types of oil products losses during operations in tank farms / I.A. Tereschenko [et al.] // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 254–258.

11. Tereshchenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Diagnostics of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 248–253.

12. Gaponenko A.M., Kagramanova A.A. Optimization of the composition of the complex of renewable energy sources using the cluster approach and random processes theory // Polythematical Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. – 2016. – № 116. – P. 94–109.

13. Gaponenko A.M., Kagramanova A.A. Mathematical modeling of Stirling engine operation // Proceedings of higher educational institutions. North-Caucasian region. Technical Sciences. – 2016. – № 4 (192). – P. 29–35. – DOI 10.17213/0321-2653-2016-4-29-35.

14. General power engineering / V.V. Shaposhnikov [et al.]. – Krasnodar : Kuban state technological university, 2020. – 287 p. – ISBN 978-5-8333-0955-1.

## ПОВЫШЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

\*\*\*\*\*

## INCREASING THE POTENTIAL OF SOLAR ENERGY

### **Каграманова Александра Александровна**

старший преподаватель кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
kaa\_200110@mail.ru

### **Арушанян Рубен Рафаэлович**

аспирант кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
rubenarushanyan@gmail.com

### **Декусарова Анастасия Романовна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
dekusarova@mail.ru

### **Марченко Татьяна Александровна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
tatyanka2000@inbox.ru

### **Босых Ефим Андреевич**

студент 4 курса,  
Кубанский государственный технологический университет  
e.bosykh@atiss.info

### **Каграманова Ирина Александровна**

МБОУ СОШ № 4 пгт. Черноморского им. Мачуги В.Н.  
kaa\_200110@mail.ru

**Аннотация.** В статье описаны применение и принцип действия солнечных коллекторов, различная классификация солнечных коллекторов. Рассмотрен метод повышения потенциала солнечной энергии и технический потенциал преобразования энергии солнца в электрическую и тепловую энергию.

**Ключевые слова:** солнечный коллектор, потенциал солнечной энергии, модели коллекторов, концентраторы.

\*\*\*\*\*

### **Kagramanova Alexandra Alexandrovna**

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
kaa\_200110@mail.ru

### **Arushanyan Ruben Rafaelovich**

Postgraduate Student, Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
rubenarushanyan@gmail.com

### **Dekusarova Anastasiya Romanovna**

4th year Student of the Department of heat power engineering,  
Kuban State Technological University  
dekusarova@mail.ru

**Marchenko Tatyana Alexandrovna**

4th year Student of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
tatyanka2000@inbox.ru

**Bosykh Efim Andreevich**

4th year Student,  
Kuban State Technological University  
e.bosykh@atiss.info

**Kagramanova Irina Aleksandrovna**

MBOU SOSH № 4 village. The Black Sea im. Machugi V.N.  
kaa\_200110@mail.ru

**Annotation.** The article describes the application and principle of operation of solar collectors, various classification of solar collectors. The method of increasing the potential of solar energy and the technical potential of converting solar energy into electrical and thermal energy is considered.

**Keywords:** solar collector, solar energy potential, collector models, concentrators.

\*\*\*\*\*

**В** основе большинства солнечных источников теплоты лежит применение солнечных коллекторов. Коллектор поглощает световую энергию Солнца и преобразует ее в теплоту, которая передается теплоносителю (жидкости или воздуху) и затем используется для обогрева зданий, нагрева воды, производства электричества, сушки сельскохозяйственной продукции и т.п. или приготовления пищи. Солнечные коллекторы могут применяться практически во всех процессах, использующих теплоту. В настоящее время существует множество различных моделей коллекторов.

Их можно классифицировать в соответствии с температурой, которую можно получить на выходе из коллектора:

– низкотемпературные коллекторы: производят низкопотенциальную теплоту, ниже 50 °С. Они используются в случаях, когда не требуется вода высоких температурных параметров;

– среднетемпературные коллекторы: производят высоко- и среднепотенциальную теплоту (обычно 60–80 °С). Обычно это остекленные плоские коллекторы, в которых теплопередача совершается посредством жидкости, либо коллекторы-концентраторы, в которых теплота концентрируется. Представителем последних является вакуумированный трубчатый коллектор, который часто используется для нагрева воды в жилом секторе;

– высокотемпературные коллекторы: представляют собой параболические тарелки и используются, в основном, электрогенерирующими предприятиями для производства электричества.

По принципу конструктивного исполнения солнечные коллекторы бывают: традиционные плоские (жидкостные или воздушные) и вакуумированные.

Солнечный коллектор позволяет экономить эксплуатационные затраты, не оказывая при этом вредного влияния на окружающую среду, в отличие от традиционных источников теплоты. Использование одного солнечного коллектора позволяет сократить выбросы в атмосферу углекислого газа на одну–две тонны в год. КПД солнечного коллектора – это, по сути, КПД преобразователей энергии солнца в тепловую энергию. Технический потенциал преобразования энергии солнца в электрическую и тепловую энергию рассчитывается как произведение валового потенциала энергии солнца на найденные КПД:

$$P_{\text{ТЕХ}} = P_{\text{ВАЛ}} \cdot f(S, K_{\text{ЗЕМ}}) \cdot \text{КПД}(\text{эл.; тепло}), \quad (1)$$

где  $P_{\text{ТЕХ}}$  – технический потенциал,  
 $f(S, K_{\text{ЗЕМ}})$  – функция, отражающая долю доступных территорий.

Если необходимо несколько повысить потенциал солнечной энергии, можно применить фокусирующие коллекторы (концентраторы), которые используют зеркальные поверхности для концентрации солнечной энергии на поглотителе, который еще называется «теплоприемник». Концентраторы используются, в основном, в крупных промышленных установках, так как они дороги, а, кроме того, следящие устройства нуждаются в постоянном уходе.

### **Литература:**

1. Проблемы обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров типа РВС / А.А. Каграманова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 260–264.
2. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Причины разрушения резервуаров нефтепродуктов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 265–270.
3. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Описание компрессорной станции // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 271–274.
4. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Параметры турбины и их измерение // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 275–279.
5. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Технологический процесс компремирования природного газа // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 280–283.
6. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Физико-математическое моделирование и экспериментальные исследования коэффициента теплопроводности нефтегазоносных горных пород // Экспериментальные методы исследования пластовых систем: проблемы и решения: Тезисы докладов I Международного научно-практического семинара, Москва, 01–02 июля 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», 2021. – С. 30.
7. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение давления // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 264–267.
8. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение температуры // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 268–271.
9. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Эксплуатация подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 259–263.
10. Виды потерь нефтепродуктов при операциях в резервуарных парках / И.А. Терещенко [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 254–258.
11. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Диагностика подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 248–253.
12. Гапоненко А.М., Каграманова А.А. Оптимизация состава комплекса возобновляемых источников энергии с использованием кластерного подхода и теории случайных процессов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 116. – С. 94–109.

13. Гапоненко А.М., Каграманова А.А. Математическое моделирование работы двигателя Стирлинга // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2016. – № 4 (192). – С. 29–35. – DOI 10.17213/0321-2653-2016-4-29-35.

14. Общая энергетика / В.В. Шапошников [и др.]. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2020. – 287 с. – ISBN 978-5-8333-0955-1.

#### **Literature:**

1. Problems of ensuring the safe operation of tanks such as RVS / A.A. Kagramanova [et al.] // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 260–264.

2. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Causes of destruction of oil products retanks // Science. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 265–270.

3. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Description of compressor station // Science. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 271–274.

4. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Turbine parameters and their measurement // Nauka. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 275–279.

5. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Technological process of natural gas compression // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 280–283.

6. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Physical and mathematical modeling and experimental studies of thermal conductivity coefficient of oil and gas bearing rocks // Experimental methods of reservoir systems studies: problems and solutions: Abstracts of I International Scientific-Practical Seminar, Moscow, July 01–02, 2021. – М. : Limited Liability Company «Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ», 2021. – P. 30.

7. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Pressure Measurement // Nauka. New generation. Success: materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 264–267.

8. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Temperature Measurements // Nauka. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 268–271.

9. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Operation of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 259–263.

10. Types of oil products losses during operations in tank farms / I.A. Tereschenko [et al.] // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 254–258.

11. Tereshchenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Diagnostics of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 248–253.

12. Gaponenko A.M., Kagramanova A.A. Optimization of the composition of the complex of renewable energy sources using the cluster approach and random processes theory // Polythematical Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. – 2016. – № 116. – P. 94–109.

13. Gaponenko A.M., Kagramanova A.A. Mathematical modeling of Stirling engine operation // Proceedings of higher educational institutions. North-Caucasian region. Technical Sciences. – 2016. – № 4 (192). – P. 29–35. – DOI 10.17213/0321-2653-2016-4-29-35.

14. General power engineering / V.V. Shaposhnikov [et al.]. – Krasnodar : Kuban state technological university, 2020. – 287 p. – ISBN 978-5-8333-0955-1.

**ВОЗМОЖНОСТЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЕПЛА  
ИЗ ГОРЯЧИХ ГОРНЫХ ПОРОД В СРАВНЕНИИ  
С ГЕОТЕРМАЛЬНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ**

\*\*\*\*\*

**THE POSSIBILITY OF EXTRACTING HEAT FROM HOT ROCKS  
IN COMPARISON WITH GEOTHERMAL SOURCES**

**Каграманова Александра Александровна**

старший преподаватель кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
kaa\_200110@mail.ru

**Арушанян Рубен Рафаэлович**

аспирант кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
rubenarushanyan@gmail.com

**Декусарова Анастасия Романовна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
dekusarova@mail.ru

**Марченко Татьяна Александровна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
tatyanka2000@inbox.ru

**Босых Ефим Андреевич**

студент 4 курса,  
Кубанский государственный технологический университет  
e.bosykh@atiss.info

**Каграманова Ирина Александровна**

МБОУ СОШ № 4 пгт. Черноморского им. Мачуги В.Н.  
kaa\_200110@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются возможности и масштабы использования геотермальных ресурсов, представлены их классы, возможность извлечения тепла из горячих горных пород в сравнении с геотермальными источниками.

**Ключевые слова:** геотермальные источники, гидротермальные ресурсы, горячие горные породы, энергия.

\*\*\*\*\*

**Kagramanova Alexandra Alexandrovna**

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
kaa\_200110@mail.ru

**Arushanyan Ruben Rafaelovich**

Postgraduate Student, Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
rubenarushanyan@gmail.com

**Dekusarova Anastasiya Romanovna**

4th year Student of the Department of heat power engineering,  
Kuban State Technological University  
dekusarova@mail.ru

**Marchenko Tatyana Alexandrovna**

4th year Student of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
tatyanka2000@inbox.ru

**Bosykh Efim Andreevich**

4th year Student,  
Kuban State Technological University  
e.bosykh@atiss.info

**Kagramanova Irina Aleksandrovna**

MBOU SOSH № 4 village. The Black Sea im. Machugi V.N.  
kaa\_200110@mail.ru

**Annotation.** The article discusses the possibilities and scope of the use of geothermal resources, presents their classes, the possibility of extracting heat from hot rocks in comparison with geothermal sources.

**Keywords:** geothermal sources, hydrothermal resources, hot rocks, energy.

\*\*\*\*\*

Различают два основных типа геотермальных ресурсов – это гидротермальные ресурсы и сухие горячие горные породы. Гидротермальные ресурсы, содержащие горячую воду, пар или их комбинацию характеризуются относительно малой глубиной залегания.

В гидротермальных резервуарах вода опускается на значительную глубину твердого поверхностного слоя, нагревается и затем поднимается на поверхность пока либо не попадает под непроницаемый слой, образуя ограниченный резервуар, либо достигает поверхности в качестве горячих источников или паровых отдушин. Вода переносит значительные количества тепла из глубины в относительно близкие к поверхности участки.

С геотермальными источниками всегда связывают попытки выработки электроэнергии как наиболее ценного продукта, в то время как наилучший способ утилизации тепловой энергии – использование комбинированного режима. Безусловно, электроэнергия может быть подана в энергосистему и через неё передана потребителям наряду с электроэнергией, вырабатываемой другими источниками. В то же время необходимо учитывать, что потребность в тепле при температуре до 100 °С обычно даже выше, чем в электроэнергии. Полезное теплосодержание на единицу площади пласта сухого скального материала, расположенного в толще земной коре сравнительно недалеко от поверхности, может быть определено из соотношения:

$$E = (\rho_r c_r G z^2) / 2,$$

где  $\rho_r$  – плотность скальных пород,  $c_r$  – их удельная теплоемкость,  $G$  – температурный градиент,  $z$  – толщина пласта.

При равномерном извлечении тепла из такого пласта с помощью потока воды, имеющего объёмный расход  $Q$ , плотность  $\rho_w$  и удельную теплоёмкость  $c_w$  зависимость полезного теплосодержания от времени и скорость извлечения тепла примут вид:

$$E = E_0 e^{-t/\tau}, \quad \frac{dE}{dt} = -\frac{E_0}{\tau} e^{-t/\tau},$$

где постоянная времени  $\tau$  определяется следующим образом:

$$\tau = \frac{\rho_r c_r z}{Q \rho_w c_w}.$$

Масштаб использования геотермальной энергии определяют некоторые факторы. Доминантой стоимости оказываются затраты на разведку геотермальных ресурсов и капитальные затраты на сооружения скважин, стоимость которых экспоненциально

увеличивается с ростом их глубины. Так как температура увеличивается с глубиной, а выработка энергии увеличивается с ростом температуры, в большинстве случаев ограничиваются оптимальной глубиной скважины 5 км.

Таким образом, на сегодняшний день гидротермальные системы используются для промышленного производства энергии, в то время как горячие сухие породы – нет, несмотря на то, что потенциал горячих горных пород во много тысяч раз выше, чем гидротермальных ресурсов.

### **Литература:**

1. Проблемы обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров типа РВС / А.А. Каграманова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 260–264.
2. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Причины разрушения резервуаров нефтепродуктов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 265–270.
3. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Описание компрессорной станции // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 271–274.
4. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Параметры турбины и их измерение // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 275–279.
5. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Технологический процесс компремирования природного газа // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 280–283.
6. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Физико-математическое моделирование и экспериментальные исследования коэффициента теплопроводности нефтегазонасыщенных горных пород // Экспериментальные методы исследования пластовых систем: проблемы и решения: Тезисы докладов I Международного научно-практического семинара, Москва, 01–02 июля 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», 2021. – С. 30.
7. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение давления // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 264–267.
8. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение температуры // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 268–271.
9. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Эксплуатация подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 259–263.
10. Виды потерь нефтепродуктов при операциях в резервуарных парках / И.А. Терещенко [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 254–258.
11. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Диагностика подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 248–253.
12. Гапоненко А.М., Каграманова А.А. Оптимизация состава комплекса возобновляемых источников энергии с использованием кластерного подхода и теории случайных процессов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 116. – С. 94–109.



13. Гапоненко А.М., Каграманова А.А. Математическое моделирование работы двигателя Стирлинга // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2016. – № 4 (192). – С. 29–35. – DOI 10.17213/0321-2653-2016-4-29-35.
14. Общая энергетика / В.В. Шапошников [и др.]. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2020. – 287 с. – ISBN 978-5-8333-0955-1.

#### **Literature:**

1. Problems of ensuring the safe operation of tanks such as RVS / A.A. Kagramanova [et al.] // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 260–264.
2. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Causes of destruction of oil products retanks // Science. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 265–270.
3. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Description of compressor station // Science. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 271–274.
4. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Turbine parameters and their measurement // Nauka. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 275–279.
5. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Technological process of natural gas compression // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 280–283.
6. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Physical and mathematical modeling and experimental studies of thermal conductivity coefficient of oil and gas bearing rocks // Experimental methods of reservoir systems studies: problems and solutions: Abstracts of I International Scientific-Practical Seminar, Moscow, July 01–02, 2021. – M. : Limited Liability Company «Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ», 2021. – P. 30.
7. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Pressure Measurement // Nauka. New generation. Success: materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 264–267.
8. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Temperature Measurements // Nauka. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 268–271.
9. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Operation of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 259–263.
10. Types of oil products losses during operations in tank farms / I.A. Tereschenko [et al.] // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 254–258.
11. Tereshchenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Diagnostics of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 248–253.
12. Gaponenko A.M., Kagramanova A.A. Optimization of the composition of the complex of renewable energy sources using the cluster approach and random processes theory // Polythematical Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. – 2016. – № 116. – P. 94–109.
13. Gaponenko A.M., Kagramanova A.A. Mathematical modeling of Stirling engine operation // Proceedings of higher educational institutions. North-Caucasian region. Technical Sciences. – 2016. – № 4 (192). – P. 29–35. – DOI 10.17213/0321-2653-2016-4-29-35.
14. General power engineering / V.V. Shaposhnikov [et al.]. – Krasnodar : Kuban state technological university, 2020. – 287 p. – ISBN 978-5-8333-0955-1.

## ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД И ИХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

\*\*\*\*\*

### ASSESSMENT OF OPERATIONAL RESERVES OF THERMAL WATERS AND THEIR THERMAL ENERGY POTENTIAL

**Каграманова Александра Александровна**

старший преподаватель кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
kaa\_200110@mail.ru

**Арушанян Рубен Рафаэлович**

аспирант кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
rubenarushanyan@gmail.com

**Декусарова Анастасия Романовна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
dekusarova@mail.ru

**Марченко Татьяна Александровна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
tatyanka2000@inbox.ru

**Босых Ефим Андреевич**

студент 4 курса,  
Кубанский государственный технологический университет  
e.bosykh@atiss.info

**Каграманова Ирина Александровна**

МБОУ СОШ № 4 пгт. Черноморского им. Мачуги В.Н.  
kaa\_200110@mail.ru

**Аннотация.** В публикуемой статье рассмотрена оценка эксплуатационных запасов термальных вод и их теплоэнергетического потенциала.

**Ключевые слова:** эксплуатационные запасы, кондиции, теплоэнергетический потенциал, термальные воды.

\*\*\*\*\*

**Kagramanova Alexandra Alexandrovna**

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
kaa\_200110@mail.ru

**Arushanyan Ruben Rafaelovich**

Postgraduate Student, Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
rubenarushanyan@gmail.com

**Dekusarova Anastasiya Romanovna**

4th year Student of the Department of heat power engineering,  
Kuban State Technological University  
dekusarova@mail.ru

**Marchenko Tatyana Alexandrovna**

4th year Student of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
tatyanka2000@inbox.ru

**Bosykh Efim Andreevich**

4th year Student,  
Kuban State Technological University  
e.bosykh@atiss.info

**Kagramanova Irina Aleksandrovna**

MBOU SOSH № 4 village. The Black Sea im. Machugi V.N.  
kaa\_200110@mail.ru

**Annotation.** In the published article, an assessment of the operational reserves of thermal waters and their thermal energy potential is considered.

**Keywords:** operational reserves, conditions, thermal energy potential, thermal waters.

\*\*\*\*\*

Оценка эксплуатационных запасов термальных вод и их теплоэнергетического потенциала проводится на основании утвержденных кондиций. Кондиции представляют собой совокупность экономически и технологически обоснованных требований к качеству и количеству воды, техническим условиям эксплуатации месторождения при рациональном использовании недр и соблюдении правил охраны окружающей среды. При этом сами кондиции рассматриваются в качестве оценочных параметров и являются формой экономической оценки разведанных запасов.

Основными показателями кондиций, обосновываемые в ТЭО являются:

– минимальная температура воды (или энтальпия пароводяной смеси) на устье скважины;

– максимально допустимая минерализация и предельные содержания отдельных компонентов или их групп, включая содержание неконденсирующихся газов в парогидротермах (двуокиси углерода, сероводорода, метана, аммиака, азота, водорода, этана);

– предельные положения динамических уровней в эксплуатационных скважинах (минимальные избыточные давления воды или пара на устье) и максимальные давления на устьях нагнетательных скважин;

В каждом конкретном случае эксплуатационные запасы оцениваются с учетом заявленной потребности в теплоносителе и наличия действующих водозаборных сооружений с целью установления возможного взаимного влияния проектируемого и действующих водозаборных сооружений, и обоснования ожидаемого прироста запасов.

Основной расчетной формулой для подсчета эксплуатационных запасов при использовании гидродинамического метода является:

$$Q_{\text{вод}} = \frac{4\pi \cdot K_m \cdot S}{R} ; K_m = K_{\text{ф}} \cdot m_{\text{эф}} , \quad (1)$$

где  $Q_{\text{вод}}$  – эксплуатационный дебет водозабора (эксплуатационные запасы), м<sup>3</sup>/сут.;

$S$  – допустимая расчетная величина снижения уровня подземных вод в пласте, м;

$K_m$  – коэффициент водопроводимости, м<sup>2</sup>/сут.;

$R$  – гидравлическое (фильтрационное) сопротивление, безразмерная величина;

$K_{\text{ф}}$  – коэффициент фильтрации, м/сут.;

$m_{\text{эф}}$  – эффективная мощность комплекса (горизонта), м.

Из (1) видно, что для определения запасов в различных условиях необходимо и достаточно найти соответствующую для этих условий величину  $R$  с учетом принятой расчетной схемы.

Наиболее часто встречающимися расчетными схемами являются схемы: неограниченного пласта, полуограниченного пласта, пласта квадранта, пласта-полосы, пласта-полуполосы.

Следует иметь в виду, что размеры эксплуатационных ресурсов и теплоэнергетический потенциал термальных вод при их оценке применительно к разработке водоносных горизонтов с поддержанием пластовых давлений в значительной степени будут зависеть от заданного уровня охлаждения пласта на конец расчетного времени.

### **Литература:**

1. Проблемы обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров типа РВС / А.А. Каграманова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 260–264.
2. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Причины разрушения резервуаров нефтепродуктов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 265–270.
3. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Описание компрессорной станции // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 271–274.
4. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Параметры турбины и их измерение // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 275–279.
5. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Технологический процесс компремирования природного газа // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 280–283.
6. Колесников Б.П., Магоматов А.С., Арушанян Р.Р. Физико-математическое моделирование и экспериментальные исследования коэффициента теплопроводности нефтегазоносных горных пород // Экспериментальные методы исследования пластовых систем: проблемы и решения: Тезисы докладов I Международного научно-практического семинара, Москва, 01–02 июля 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», 2021. – С. 30.
7. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение давления // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 264–267.
8. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение температуры // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 268–271.
9. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Эксплуатация подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 259–263.
10. Виды потерь нефтепродуктов при операциях в резервуарных парках / И.А. Терещенко [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 254–258.
11. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Диагностика подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 248–253.
12. Гапоненко А.М., Каграманова А.А. Оптимизация состава комплекса возобновляемых источников энергии с использованием кластерного подхода и теории случайных процессов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 116. – С. 94–109.

13. Гапоненко А.М., Каграманова А.А. Математическое моделирование работы двигателя Стирлинга // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2016. – № 4 (192). – С. 29–35. – DOI 10.17213/0321-2653-2016-4-29-35.
14. Общая энергетика / В.В. Шапошников [и др.]. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2020. – 287 с. – ISBN 978-5-8333-0955-1.

#### **Literature:**

1. Problems of ensuring the safe operation of tanks such as RVS / A.A. Kagramanova [et al.] // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 260–264.
2. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Causes of destruction of oil products retanks // Science. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 265–270.
3. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Description of compressor station // Science. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 271–274.
4. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Turbine parameters and their measurement // Nauka. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 275–279.
5. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Technological process of natural gas compression // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 280–283.
6. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Physical and mathematical modeling and experimental studies of thermal conductivity coefficient of oil and gas bearing rocks // Experimental methods of reservoir systems studies: problems and solutions: Abstracts of I International Scientific-Practical Seminar, Moscow, July 01–02, 2021. – М. : Limited Liability Company «Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ», 2021. – P. 30.
7. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Pressure Measurement // Nauka. New generation. Success: materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 264–267.
8. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Temperature Measurements // Nauka. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 268–271.
9. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Operation of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 259–263.
10. Types of oil products losses during operations in tank farms / I.A. Tereschenko [et al.] // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 254–258.
11. Tereshchenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Diagnostics of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 248–253.
12. Gaponenko A.M., Kagramanova A.A. Optimization of the composition of the complex of renewable energy sources using the cluster approach and random processes theory // Polythematical Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. – 2016. – № 116. – P. 94–109.
13. Gaponenko A.M., Kagramanova A.A. Mathematical modeling of Stirling engine operation // Proceedings of higher educational institutions. North-Caucasian region. Technical Sciences. – 2016. – № 4 (192). – P. 29–35. – DOI 10.17213/0321-2653-2016-4-29-35.
14. General power engineering / V.V. Shaposhnikov [et al.]. – Krasnodar : Kuban state technological university, 2020. – 287 p. – ISBN 978-5-8333-0955-1.

## **ВИДЫ ЭНЕРГИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕПЛОТЫ ГРУНТА И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ ГРУНТА**

\*\*\*\*\*

### **TYPES OF ENERGY WHEN USING GROUND HEAT AND GROUND ENERGY CONVERTERS**

**Каграманова Александра Александровна**

старший преподаватель кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
kaa\_200110@mail.ru

**Арушанян Рубен Рафаэлович**

аспирант кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
rubenarushanyan@gmail.com

**Декусарова Анастасия Романовна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
dekusarova@mail.ru

**Марченко Татьяна Александровна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
tatyanka2000@inbox.ru

**Босых Ефим Андреевич**

студент 4 курса,  
Кубанский государственный технологический университет  
e.bosykh@atiss.info

**Каграманова Ирина Александровна**

МБОУ СОШ № 4 пгт. Черноморского им. Мачуги В.Н.  
kaa\_200110@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье описываются виды энергии при использовании теплоты грунта, преобразователи энергии грунта. Приведены два вида систем использования низкопотенциальной тепловой энергии

**Ключевые слова:** тепловая энергия, преобразователи грунта, грунтовые теплообменники.

\*\*\*\*\*

**Kagramanova Alexandra Alexandrovna**

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
kaa\_200110@mail.ru

**Arushanyan Ruben Rafaelovich**

Postgraduate Student, Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
rubenarushanyan@gmail.com

**Dekusarova Anastasiya Romanovna**

4th year Student of the Department of heat power engineering,  
Kuban State Technological University  
dekusarova@mail.ru

**Marchenko Tatyana Alexandrovna**

4th year Student of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
tatyanka2000@inbox.ru

**Bosykh Efim Andreevich**

4th year Student,  
Kuban State Technological University  
e.bosykh@atiss.info

**Kagramanova Irina Aleksandrovna**

MBOU SOSH № 4 village. The Black Sea im. Machugi V.N.  
kaa\_200110@mail.ru

**Annotation.** This article describes the types of energy using the heat of the soil, soil energy converters. Two types of systems for the use of low-potential thermal energy of the Earth are presented.

**Keywords:** thermal energy, soil transformers, soil heat exchangers.

\*\*\*\*\*

При использовании теплоты грунта Земли можно выделить два вида тепловой энергии – высокопотенциальную и низкопотенциальную. Источником высокопотенциальной тепловой энергии являются гидротермальные ресурсы – термальные воды, нагретые в результате геологических процессов до высокой температуры, что позволяет их использовать для теплоснабжения зданий.

В качестве преобразователей энергии грунта выступают грунтовые теплообменники. Они выступают в качестве связующего звена между теплонасосным оборудованием и грунтовым массивом. В общем случае, кроме «извлечения» теплоты Земли, грунтовые теплообменники могут использоваться и для накопления теплоты (или холода) в грунтовом массиве.

Можно выделить два вида систем использования низкопотенциальной тепловой энергии Земли:

- открытые системы: в качестве источника низкопотенциальной тепловой энергии используются грунтовые воды, подводимые непосредственно к тепловым насосам;
- замкнутые системы: теплообменники расположены в грунтовом массиве; при циркуляции по ним теплоносителя с пониженной относительно грунта температурой происходит «отбор» тепловой энергии от грунта и перенос ее к испарителю теплового насоса (или, при использовании теплоносителя с повышенной относительно грунта температурой, его охлаждение).

Системы с вертикальными грунтовыми теплообменниками не требуют участков большой площади и не зависят от интенсивности солнечной радиации, падающей на поверхность.

Вертикальные грунтовые теплообменники эффективно работают практически во всех видах геологических сред, за исключением грунтов с низкой теплопроводностью, например, сухого песка или сухого гравия.

Системы с вертикальными грунтовыми теплообменниками могут использоваться для тепло- и холодоснабжения объектов различной тепловой мощности. Так, например, для небольшого здания достаточно одного теплообменника; для больших зданий может потребоваться устройство целой группы скважин с вертикальными теплообменниками.

Системы с вертикальными грунтовыми теплообменниками получили очень широкое распространение в мире.

Для увеличения эффективности теплообменников пространство между стенками скважины и трубами заполняется специальными теплопроводящими материалами.

### **Литература:**

1. Проблемы обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров типа РВС / А.А. Каграманова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 260–264.
2. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Причины разрушения резервуаров нефтепродуктов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 265–270.
3. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Описание компрессорной станции // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 271–274.
4. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Параметры турбины и их измерение // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 275–279.
5. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Технологический процесс компремирования природного газа // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 280–283.
6. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Физико-математическое моделирование и экспериментальные исследования коэффициента теплопроводности нефтегазонасыщенных горных пород // Экспериментальные методы исследования пластовых систем: проблемы и решения: Тезисы докладов I Международного научно-практического семинара, Москва, 01–02 июля 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», 2021. – С. 30.
7. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение давления // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 264–267.
8. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение температуры // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 268–271.
9. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Эксплуатация подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 259–263.
10. Виды потерь нефтепродуктов при операциях в резервуарных парках / И.А. Терещенко [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 254–258.
11. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Диагностика подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 248–253.
12. Арушанян Р.Р., Кочарян Е.В. Исследование теплопроводности тепловой трубы // Сборник лучших научных работ молодых ученых Кубанского государственного технологического университета, отмеченных наградами на конкурсах. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2018. – С. 29–30.
13. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Прогнозирование эффективной теплопроводности нефтеносных грунтов // Наука. Новое поколение. Успех: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Краснодар, 28 марта 2020 года / Коллектив авторов, ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2020. – С. 69–73.
14. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Расчёт коэффициента сопротивления диффузии нефтеносных грунтов на принципах статистики пористых тел и теории перколяции // Наука. Новое поколение. Успех: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Краснодар, 28 марта 2020 года / Коллектив авторов, ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2020. – С. 77–81.



### **Literature:**

1. Problems of ensuring the safe operation of tanks such as RVS / A.A. Kagramanova [et al.] // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 260–264.
2. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Causes of destruction of oil products retanks // Science. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 265–270.
3. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Description of compressor station // Science. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 271–274.
4. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Turbine parameters and their measurement // Nauka. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 275–279.
5. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Technological process of natural gas compression // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 280–283.
6. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Physical and mathematical modeling and experimental studies of thermal conductivity coefficient of oil and gas bearing rocks // Experimental methods of reservoir systems studies: problems and solutions: Abstracts of I International Scientific-Practical Seminar, Moscow, July 01–02, 2021. – M. : Limited Liability Company «Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ», 2021. – P. 30.
7. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Pressure Measurement // Nauka. New generation. Success: materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 264–267.
8. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Temperature Measurements // Nauka. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 268–271.
9. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Operation of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 259–263.
10. Types of oil products losses during operations in tank farms / I.A. Tereschenko [et al.] // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 254–258.
11. Tereshchenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Diagnostics of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 248–253.
12. Arushanyan R.R., Kocharyan E.V. Investigation of thermal conductivity of a heat pipe // Collection of the best scientific papers of young scientists of Kuban State Technological University, awarded at competitions. – Krasnodar : Kuban State Technological University, 2018. – P. 29–30.
13. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Prediction of effective thermal conductivity of oil-bearing soils // Science. New generation. Success: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference devoted to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, Krasnodar, March 28, 2020 / Collected authors, FSBEU VO «KubGTU», 2020. – P. 69–73.
14. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Calculation of co-diffusion coefficient of oil-bearing soils on the principles of porous body statistics and percolation theory // Science. New generation. Success: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, Krasnodar, March 28, 2020 / Collected authors, FSBEU VO «KubGTU», 2020. – P. 77–81.

**ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИЭ И ФАКТОРЫ,  
ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ РАЗВИТИЮ ВИЭ В РОССИИ**

\*\*\*\*\*

**FEATURES OF RENEWABLE ENERGY USE AND  
FACTORS HINDERING THE DEVELOPMENT  
OF RENEWABLE ENERGY IN RUSSIA**

**Каграманова Александра Александровна**

старший преподаватель кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
kaa\_200110@mail.ru

**Арушанян Рубен Рафаэлович**

аспирант кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
rubenarushanyan@gmail.com

**Декусарова Анастасия Романовна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
dekusarova@mail.ru

**Марченко Татьяна Александровна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
tatyanka2000@inbox.ru

**Босых Ефим Андреевич**

студент 4 курса,  
Кубанский государственный технологический университет  
e.bosykh@atiss.info

**Каграманова Ирина Александровна**

МБОУ СОШ № 4 пгт. Черноморского им. Мачуги В.Н.  
kaa\_200110@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается тема развития нетрадиционных возобновляемых источников энергии в России, предпосылки для их развития. Рассмотрена энергетическая система Российской Федерации. Так же описано место ВИЭ в энергетическом балансе.

**Ключевые слова:** энергетическая система России, развитие ВИЭ, распределенная энергосистема, централизация.

\*\*\*\*\*

**Kagramanova Alexandra Alexandrovna**

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
kaa\_200110@mail.ru

**Arushanyan Ruben Rafaelovich**

Postgraduate Student, Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
rubenarushanyan@gmail.com

**Dekusarova Anastasiya Romanovna**

4th year Student of the Department of heat power engineering,  
Kuban State Technological University  
dekusarova@mail.ru

**Marchenko Tatyana Alexandrovna**

4th year Student of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
tatyanka2000@inbox.ru

**Bosykh Efim Andreevich**

4th year Student,  
Kuban State Technological University  
e.bosykh@atiss.info

**Kagramanova Irina Aleksandrovna**

MBOU SOSH № 4 village. The Black Sea im. Machugi V.N.  
kaa\_200110@mail.ru

**Annotation.** The article discusses the topic of the development of unconventional renewable energy sources in Russia, the prerequisites for their development. The energy system of the Russian Federation is considered. The place of RES in the energy balance is also described.

**Keywords:** energy system of Russia, development of renewable energy sources, distributed energy system, centralization.

\*\*\*\*\*

Среди основных причин отставания России в развитии энергетики возобновляемых источников следует отметить высокую степень централизации управления производством, транспортом и распределением электрической и тепловой энергии, связанную с этим модель рынка электроэнергии и мощности в Единой энергетической системе (ЕЭС) России.

В централизованной энергетической системе все источники энергии должны обеспечивать всем потребителям энергии, в зависимости от категории, гарантированное энергоснабжение.

Важной чертой существующей энергетической системы России является её высокая централизация. В стране имеется сравнительно небольшое число крупных угольных, нефтяных и газовых месторождений, которые обеспечивают почти всю добычу органического топлива в стране. Разветвленная сеть газопроводов распределяет природный газ между главными промышленными центрами страны. Практически все города и значительная часть деревень присоединены к линиям магистрального газа.

Около 90 % общего количества электроэнергии производится крупными (в диапазоне нескольких гигаватт) электростанциями на органическом топливе, гидравлическими и атомными, которые выдают электроэнергию в разветвленную сеть, образованную мощными высоковольтными линиями электропередачи. Практически все города и деревни присоединены к электрическим сетям, так что около 87 % населения страны получают электроэнергию централизованно.

Интенсификация развития возобновляемой энергетики в России может быть в значительной степени достигнута в том случае, если установки на основе ВИЭ будут работать вне пределов ЕЭС, не подчиняясь существующим правилам ее функционирования.

Возникает вопрос, будет ли доля ВИЭ в энергетическом балансе страны увеличена и что для этого необходимо сделать?

В настоящее время есть все предпосылки для качественного скачка в области энергетики, так как тот факт, что будущее за возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ) давно не вызывает сомнения. Преимущество их, прежде всего, в экологической чистоте. Недостаток – в дороговизне освоения (использования), и это основной тормоз в их развитии.

К числу серьезных факторов, препятствующих развитию ВИЭ, с полным основанием можно отнести относительно низкий уровень существующих цен на мировых

рынках органического топлива и высокие удельные капитальные затраты на преобразование энергии ВИЭ. Сказанное имеет прямое отношение и к России, где низкая стоимость разработки богатых ресурсов нефти и газа и искусственно заниженные цены на энергоносители в условиях хронических неплатежей за них, безусловно, не способствуют использованию ВИЭ. Кроме больших капитальных затрат, экономическая эффективность использования ВИЭ снижается длительностью сроков строительства, высокой степенью риска по причине зависимости от природного фактора и отсутствием уверенности как в надежности и зрелости имеющихся технологий, так и в месте ВИЭ в будущем балансе потребления энергетических ресурсов. Поэтому проекты по ВИЭ для оправдания больших рисков требуют, как правило, инвестиций, выдаваемых под более высокие проценты, что в свою очередь приводит к удорожанию генерируемой тепловой или электрической энергии. На фоне гигантских темпов развития мирового использования ВИЭ, Россия занимает одно из последних мест.

В связи с этим «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года» определила развитие малой распределённой энергетики в качестве важнейшего направления развития энергетического сектора. Это значит, что возобновляемая энергетика должна в первую очередь развиваться в распределённых энергосистемах, которые охватывают более половины территории России. При этом возобновляемая энергетика будет улучшать экологическую обстановку в автономных энергосистемах.

#### **Литература:**

1. Проблемы обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров типа РВС / А.А. Каграманова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 260–264.
2. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Причины разрушения резервуаров нефтепродуктов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 265–270.
3. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Описание компрессорной станции // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 271–274.
4. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Параметры турбины и их измерение // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 275–279.
5. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Технологический процесс компремирования природного газа // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 280–283.
6. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Физико-математическое моделирование и экспериментальные исследования коэффициента теплопроводности нефтегазоносных горных пород // Экспериментальные методы исследования пластовых систем: проблемы и решения: Тезисы докладов I Международного научно-практического семинара, Москва, 01–02 июля 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», 2021. – С. 30.
7. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение давления // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 264–267.
8. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение температуры // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 268–271.
9. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Эксплуатация подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 259–263.

10. Виды потерь нефтепродуктов при операциях в резервуарных парках / И.А. Терещенко [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 254–258.

11. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Диагностика подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 248–253.

12. Арушанян Р.Р., Кочарян Е.В. Исследование теплопроводности тепловой трубы // Сборник лучших научных работ молодых ученых Кубанского государственного технологического университета, отмеченных наградами на конкурсах. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2018. – С. 29–30.

13. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Прогнозирование эффективной теплопроводности нефтеносных грунтов // Наука. Новое поколение. Успех: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Краснодар, 28 марта 2020 года / Коллектив авторов, ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2020. – С. 69–73.

14. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Расчёт коэффициента сопротивления диффузии нефтеносных грунтов на принципах статистики пористых тел и теории перколяции // Наука. Новое поколение. Успех: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Краснодар, 28 марта 2020 года / Коллектив авторов, ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2020. – С. 77–81.

#### **Literature:**

1. Problems of ensuring the safe operation of tanks such as RVS / A.A. Kagramanova [et al.] // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 260–264.

2. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Causes of destruction of oil products retanks // Science. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 265–270.

3. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Description of compressor station // Science. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 271–274.

4. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Turbine parameters and their measurement // Nauka. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 275–279.

5. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Technological process of natural gas compression // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 280–283.

6. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Physical and mathematical modeling and experimental studies of thermal conductivity coefficient of oil and gas bearing rocks // Experimental methods of reservoir systems studies: problems and solutions: Abstracts of I International Scientific-Practical Seminar, Moscow, July 01–02, 2021. – M. : Limited Liability Company «Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ», 2021. – P. 30.

7. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Pressure Measurement // Nauka. New generation. Success: materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 264–267.

8. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Temperature Measurements // Nauka. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 268–271.

9. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Operation of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 259–263.
10. Types of oil products losses during operations in tank farms / I.A. Tereschenko [et al.] // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 254–258.
11. Tereshchenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Diagnostics of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 248–253.
12. Arushanyan R.R., Kocharyan E.V. Investigation of thermal conductivity of a heat pipe // Collection of the best scientific papers of young scientists of Kuban State Technological University, awarded at competitions. – Krasnodar : Kuban State Technological University, 2018. – P. 29–30.
13. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Prediction of effective thermal conductivity of oil-bearing soils // Science. New generation. Success: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference devoted to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, Krasnodar, March 28, 2020 / Collected authors, FSBEU VO «KubGTU», 2020. – P. 69–73.
14. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Calculation of co-diffusion coefficient of oil-bearing soils on the principles of porous body statistics and percolation theory // Science. New generation. Success: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, Krasnodar, March 28, 2020 / Collected authors, FSBEU VO «KubGTU», 2020. – P. 77–81.

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИЭ

\*\*\*\*\*

## POSSIBILITIES OF USING AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEMS USING RENEWABLE ENERGY SOURCES

**Каграманова Александра Александровна**

старший преподаватель кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
kaa\_200110@mail.ru

**Арушанян Рубен Рафаэлович**

аспирант кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
rubenarushanyan@gmail.com

**Декусарова Анастасия Романовна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
dekusarova@mail.ru

**Марченко Татьяна Александровна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
tatyanka2000@inbox.ru

**Босых Ефим Андреевич**

студент 4 курса,  
Кубанский государственный технологический университет  
e.bosykh@atiss.info

**Каграманова Ирина Александровна**

МБОУ СОШ № 4 пгт. Черноморского им. Мачуги В.Н.  
kaa\_200110@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены различные варианты энергоснабжения потребителей, от Единой Энергетической Системы России до автономного электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии, также описан способ комбинированной системы на основе ВИЭ.

**Ключевые слова:** современные системы энергообеспечения, энергомощность, комбинированные системы автономного электроснабжения.

\*\*\*\*\*

**Kagramanova Alexandra Alexandrovna**

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
kaa\_200110@mail.ru

**Arushanyan Ruben Rafaelovich**

Postgraduate Student, Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
rubenarushanyan@gmail.com

**Dekusarova Anastasiya Romanovna**

4th year Student of the Department of heat power engineering,  
Kuban State Technological University  
dekusarova@mail.ru

**Marchenko Tatyana Alexandrovna**

4th year Student of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
tatyanka2000@inbox.ru

**Bosykh Efim Andreevich**

4th year Student,  
Kuban State Technological University  
e.bosykh@atiss.info

**Kagramanova Irina Aleksandrovna**

MBOU SOSH № 4 village. The Black Sea im. Machugi V.N.  
kaa\_200110@mail.ru

**Annotation.** This article discusses various options for energy supply to consumers, from the Unified Energy System of Russia to autonomous power supply based on renewable energy sources, and also describes the method of a combined system based on renewable energy sources.

**Keywords:** modern power supply systems, power capacity, combined autonomous power supply systems.

\*\*\*\*\*

Современные системы энергообеспечения в регионах (административно-территориальных единицах), получающие электроэнергию от Единой Энергетической Системы России, характеризуются разветвленными распределительными электрическими сетями общей протяженностью 2,5 млн км. Их техническое состояние, особенно в сельской местности, далеко не удовлетворительно и с каждым годом резко ухудшается. Перерывы в электроснабжении потребителей достигают 70 часов в год, что на порядок выше, чем в развитых зарубежных странах.

Систематическое невыполнение планов ввода новых энерго мощностей, недостаток их резерва привели к старению энергетического оборудования: около 57 % имеют износ более 50 %, полностью выработало свой ресурс свыше 18 %.

Две трети регионов России являются сегодня энергодефицитными получающими электроэнергию извне. Большинство традиционно применяемых источников теплоснабжения имеют низкую энергетическую и экологическую эффективность, требуют сложной и дорогостоящей транспортной инфраструктуры, обеспечивающей доставку энергоносителей, недостаточно надежны.

Все это обуславливает необходимость реорганизации существующих и создания новых систем децентрализованного энергоснабжения на основе энергоустановок сравнительно небольшой мощности и энергосберегающих технологий.

Основной задачей комбинированных автономных систем электроснабжения, использующих ВИЭ, как и любой другой системы электроснабжения, является качественное и бесперебойное обеспечение потребителей электрической энергией. Однако системам на основе ВИЭ свойственен ряд отличительных особенностей, обусловленных, в первую очередь, их первичными источниками энергии.

При формировании комбинированных систем автономного электроснабжения на основе ВИЭ в связи с территориальной неравномерностью распределения ВИЭ необходимо также учитывать расположение потребителя. Целесообразность и масштабы использования возобновляемых источников на данной местности определяются, в первую очередь, их экономической эффективностью, а зачастую и конкурентоспособностью с традиционными энергетическими технологиями. При этом наличие на рассматриваемой территории ВИЭ, характеризующихся постоянством потока энергии достаточной мощности для компенсации возможных неравномерностей, позволяет избежать использования накопителей большой емкости.



Универсальной комбинированной системой является энергоустановка, использующая как минимум два повсеместно доступных возобновляемых источника энергии: солнце и ветер. Это позволяет создавать общедоступные системы автономного электроснабжения. Ограничений по мощности для установок на основе энергии солнца и ветра при электроснабжении автономных потребителей практически нет. Увеличивая рабочие площади таких установок, можно получить любые необходимые для электроснабжения мощности. Все определяется экономической эффективностью и конкретными условиями объекта.

Самым распространенным способом бесперебойного электроснабжения потребителей при использовании энергоустановок на основе ВИЭ является применение в качестве резервного источника дизельных или бензиновых генераторов. Эта мера, безусловно, является самой надежной для гарантированного обеспечения электрической энергией автономного потребителя. Однако эксплуатация гибридных систем, наиболее распространенными из которых являются дизель-ветровые и дизель-фотоэлектрические автономные энергоустановки, сопряжена с затратами на периодический завоз топлива и обслуживание. Негативными факторами использования таких установок являются выбросы продуктов сгорания в окружающую среду и шум.

Комбинированная система автономного электроснабжения на основе ВИЭ представляет собой сложную систему, образованную совокупностью различных технических устройств, для корректной и эффективной работы которых необходимо постоянное управление и контроль. Поэтому основой всех современных комбинированных систем является система автоматического управления и контроля.

#### **Литература:**

1. Проблемы обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров типа РВС / А.А. Каграманова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 260–264.
2. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Причины разрушения резервуаров нефтепродуктов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 265–270.
3. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Описание компрессорной станции // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 271–274.
4. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Параметры турбины и их измерение // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 275–279.
5. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Технологический процесс компремирования природного газа // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 280–283.
6. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Физико-математическое моделирование и экспериментальные исследования коэффициента теплопроводности нефтегазоносных горных пород // Экспериментальные методы исследования пластовых систем: проблемы и решения: Тезисы докладов I Международного научно-практического семинара, Москва, 01–02 июля 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», 2021. – С. 30.
7. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение давления // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 264–267.

8. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение температуры // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 268–271.
9. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Эксплуатация подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 259–263.
10. Виды потерь нефтепродуктов при операциях в резервуарных парках / И.А. Терещенко [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 254–258.
11. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Диагностика подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 248–253.
12. Арушанян Р.Р., Кочарян Е.В. Исследование теплопроводности тепловой трубы // Сборник лучших научных работ молодых ученых Кубанского государственного технологического университета, отмеченных наградами на конкурсах. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2018. – С. 29–30.
13. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Прогнозирование эффективной теплопроводности нефтеносных грунтов // Наука. Новое поколение. Успех: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Краснодар, 28 марта 2020 года / Коллектив авторов, ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2020. – С. 69–73.
14. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Расчёт коэффициента сопротивления диффузии нефтеносных грунтов на принципах статистики пористых тел и теории перколяции // Наука. Новое поколение. Успех: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Краснодар, 28 марта 2020 года / Коллектив авторов, ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2020. – С. 77–81.

#### **Literature:**

1. Problems of ensuring the safe operation of tanks such as RVS / A.A. Kagramanova [et al.] // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 260–264.
2. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Causes of destruction of oil products retanks // Science. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 265–270.
3. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Description of compressor station // Science. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 271–274.
4. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Turbine parameters and their measurement // Nauka. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 275–279.
5. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Technological process of natural gas compression // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 280–283.
6. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Physical and mathematical modeling and experimental studies of thermal conductivity coefficient of oil and gas bearing rocks // Experimental methods of reservoir systems studies: problems and solutions: Abstracts of I International Scientific-Practical Seminar, Moscow, July 01–02, 2021. – M. : Limited Liability Company «Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ», 2021. – P. 30.

7. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Pressure Measurement // Nauka. New generation. Success: materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 264–267.
8. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Temperature Measurements // Nauka. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 268–271.
9. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Operation of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 259–263.
10. Types of oil products losses during operations in tank farms / I.A. Tereschenko [et al.] // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 254–258.
11. Tereshchenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Diagnostics of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 248–253.
12. Arushanyan R.R., Kocharyan E.V. Investigation of thermal conductivity of a heat pipe // Collection of the best scientific papers of young scientists of Kuban State Technological University, awarded at competitions. - Krasnodar : Kuban State Technological University, 2018. – P. 29–30.
13. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Prediction of effective thermal conductivity of oil-bearing soils // Science. New generation. Success: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference devoted to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, Krasnodar, March 28, 2020 / Collected authors, FSBEU VO «KubGTU», 2020. – P. 69–73.
14. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Calculation of co-diffusion coefficient of oil-bearing soils on the principles of porous body statistics and percolation theory // Science. New generation. Success: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, Krasnodar, March 28, 2020 / Collected authors, FSBEU VO «KubGTU», 2020. – P. 77–81.

**ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ  
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ  
В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМАХ**

\*\*\*\*\*

**FEATURES OF THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES  
IN DISTRIBUTED POWER SYSTEMS**

**Каграманова Александра Александровна**

старший преподаватель кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
kaa\_200110@mail.ru

**Арушанян Рубен Рафаэлович**

аспирант кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
rubenarushanyan@gmail.com

**Декусарова Анастасия Романовна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
dekusarova@mail.ru

**Марченко Татьяна Александровна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
tatyanka2000@inbox.ru

**Босых Ефим Андреевич**

студент 4 курса,  
Кубанский государственный технологический университет  
e.bosykh@atiss.info

**Каграманова Ирина Александровна**

МБОУ СОШ № 4 пгт. Черноморского им. Мачуги В.Н.  
kaa\_200110@mail.ru

**Аннотация.** В публикуемой статье рассмотрена проблема дефицита энергии и ограниченность топливно-энергетических ресурсов. Выделены несколько вариантов решений этой проблемы. Так же описана распределенная энергетика России и ее особенности.

**Ключевые слова:** ограниченность топливно-энергетических ресурсов, дефицит энергии, распределенная энергетика.

\*\*\*\*\*

**Kagramanova Alexandra Alexandrovna**

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
kaa\_200110@mail.ru

**Arushanyan Ruben Rafaelovich**

Postgraduate Student, Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
rubenarushanyan@gmail.com

**Dekusarova Anastasiya Romanovna**

4th year Student of the Department of heat power engineering,  
Kuban State Technological University  
dekusarova@mail.ru

**Marchenko Tatyana Alexandrovna**

4th year Student of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
tatyanka2000@inbox.ru

**Bosykh Efim Andreevich**

4th year Student,  
Kuban State Technological University  
e.bosykh@atiss.info

**Kagramanova Irina Aleksandrovna**

MBOU SOSH № 4 village. The Black Sea im. Machugi V.N.  
kaa\_200110@mail.ru

**Annotation.** The published article discusses the problem of energy scarcity and the limited fuel and energy resources. Several solutions to this problem have been identified. The distributed energy industry of Russia and its features are also described.

**Keywords:** limited fuel and energy resources, energy shortage, distributed energy.

\*\*\*\*\*

Дефицит энергии и ограниченность топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), а также увеличение загрязнения окружающей среды, вызванные попаданием в атмосферу вредных веществ, выделяющихся при сгорании углеродного топлива, с все возрастающей остротой показывает неизбежность модернизации современного топливно-энергетического комплекса.

Выделяют два основных пути: первый – формирование новых подходов к эффективному использованию топливно-энергетических ресурсов на основе практической реализации современных энергосберегающих технологий, что является основной целью многих национальных энергетических стратегий, и второй – предполагающий увеличение доли использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

По сути, использование возобновляемых источников энергии может рассматриваться как альтернативная технология в области энергетики. Технология, развивать которую необходимо вследствие того, что неизвестно, в какое время и какие ограничения могут быть наложены на традиционную углеродную и ядерную энергетику, из-за крайне негативного их влияния на окружающую среду.

Что касается России, Около 90 % общего количества электроэнергии производится крупными (в диапазоне нескольких гигаватт) электростанциями на органическом топливе, гидравлическими и атомными, которые выдают электроэнергию в разветвленную сеть, образованную мощными высоковольтными линиями электропередачи. Практически все города и деревни присоединены к электрическим сетям, так что около 87 % населения страны получают электроэнергию централизованно. Однако, 2/3 территории страны с населением около 20 млн человек, расположены вне системы централизованного энергоснабжения. Электроснабжение таких территорий осуществляется при помощи источников малой мощности, работа которых осуществляется за счёт привозного топлива, что существенно удорожает производство электроэнергии. Таким образом, большинство источников автономного электроснабжения регионов РФ являются убыточными, поскольку себестоимость производства электроэнергии значительно выше тарифа, который устанавливают для населения. Поэтому в районах с децентрализованным энергоснабжением существует острая необходимость совершенствования структуры топливно-энергетического баланса, уменьшая его зависимость от внешних поставок топлива, путём внедрения местных нетрадиционных источников энергии.

Безусловно, невозможно сразу и полностью отказаться от использования традиционных источников энергии, поэтому необходимо разработать модель которая могла бы облегчить и оптимизировать выбор ВИЭ, лучшим образом подходящий тому или иному региону, а также класс замещения им используемых ТЭР.

По разным причинам почти две трети территории России (Крайний Север, Дальний Восток, Сибирь, Бурятия, Якутия, Алтай, Курильские острова, Камчатка, часть Центральной России) так и не были подключены к сетям централизованного электроснабжения, а это означает, что обеспечить электроэнергией и теплом потребителей можно только с помощью распределённой энергетики.

На сегодняшний день распределённая энергетика России – это около 50 тысяч различных электростанций (более 98 % из них – дизельные) суммарной мощностью 17 ГВт – примерно 8 % от установленной мощности всех электростанций страны. На малых станциях вырабатывается порядка 50 млрд кВтч в год, что составляет примерно 5 % от всего объема производимой в стране электроэнергии. Не трудно понять, что с ростом цен на углеводородное и иное ископаемое топливо, экономическая эффективность установок на основе ВИЭ будет возрастать, особенно в удалённых и труднодоступных районах страны.

К особенностям малых распределённых энергосистем следует отнести:

- незначительность потерь энергии в транспортной системе (электро-, тепло- и других линиях передачи энергии) в связи с незначительным расстоянием между местом производства и потребления энергии;
- соизмеримость единичной мощности источников и потребителей энергии с мощностью энергосистемы;
- существенное взаимное влияние режимов работы элементов на устойчивость и надёжность работы энергосистемы.

Отмеченные особенности делают достаточно актуальным изобретение единой методики проектирования и экспертизы проектов распределённых энергосистем в части обоснования их структуры и параметров.

#### **Литература:**

1. Проблемы обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров типа РВС / А.А. Каграманова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 260–264.
2. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Причины разрушения резервуаров нефтепродуктов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 265–270.
3. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Описание компрессорной станции // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 271–274.
4. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Параметры турбины и их измерение // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 275–279.
5. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Технологический процесс компремирования природного газа // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 280–283.
6. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Физико-математическое моделирование и экспериментальные исследования коэффициента теплопроводности нефтегазоносных горных пород // Экспериментальные методы исследования пластовых систем: проблемы и решения: Тезисы докладов I Международного научно-практического семинара, Москва, 01–02 июля 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», 2021. – С. 30.

7. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение давления // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 264–267.
8. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение температуры // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 268–271.
9. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Эксплуатация подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 259–263.
10. Виды потерь нефтепродуктов при операциях в резервуарных парках / И.А. Терещенко [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 254–258.
11. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Диагностика подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 248–253.
12. Арушанян Р.Р., Кочарян Е.В. Исследование теплопроводности тепловой трубы // Сборник лучших научных работ молодых ученых Кубанского государственного технологического университета, отмеченных наградами на конкурсах. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2018. – С. 29–30.
13. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Прогнозирование эффективной теплопроводности нефтеносных грунтов // Наука. Новое поколение. Успех: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Краснодар, 28 марта 2020 года / Коллектив авторов, ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2020. – С. 69–73.
14. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Расчёт коэффициента сопротивления диффузии нефтеносных грунтов на принципах статистики пористых тел и теории перколяции // Наука. Новое поколение. Успех: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Краснодар, 28 марта 2020 года / Коллектив авторов, ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2020. – С. 77–81.

#### **Literature:**

1. Problems of ensuring the safe operation of tanks such as RVS / A.A. Kagramanova [et al.] // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 260–264.
2. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Causes of destruction of oil products retanks // Science. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 265–270.
3. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Description of compressor station // Science. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 271–274.
4. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Turbine parameters and their measurement // Nauka. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 275–279.
5. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Technological process of natural gas compression // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 280–283.
6. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Physical and mathematical modeling and experimental studies of thermal conductivity coefficient of oil and gas bearing rocks // Experimental methods of reservoir systems studies: problems and solutions: Abstracts

of I International Scientific-Practical Seminar, Moscow, July 01–02, 2021. – M. : Limited Liability Company «Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ», 2021. – P. 30.

. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Pressure Measurement // Nauka. New generation. Success: materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 264–267.

8. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Temperature Measurements // Nauka. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 268–271.

9. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Operation of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 259–263.

10. Types of oil products losses during operations in tank farms / I.A. Tereschenko [et al.] // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 254–258.

11. Tereshchenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Diagnostics of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 248–253.

12. Arushanyan R.R., Kocharyan E.V. Investigation of thermal conductivity of a heat pipe // Collection of the best scientific papers of young scientists of Kuban State Technological University, awarded at competitions. – Krasnodar : Kuban State Technological University, 2018. – P. 29–30.

13. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Prediction of effective thermal conductivity of oil-bearing soils // Science. New generation. Success: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference devoted to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, Krasnodar, March 28, 2020 / Collected authors, FSBEU VO «KubGTU», 2020. – P. 69–73.

14. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Calculation of co-diffusion coefficient of oil-bearing soils on the principles of porous body statistics and percolation theory // Science. New generation. Success: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, Krasnodar, March 28, 2020 / Collected authors, FSBEU VO «KubGTU», 2020. – P. 77–81.



## ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ШМИДТА

\*\*\*\*\*

## OPTIMIZATION OF THE STIRLING ENGINE BASED ON THE SCHMIDT MODEL

### **Каграманова Александра Александровна**

старший преподаватель кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
kaa\_200110@mail.ru

### **Арушанян Рубен Рафаэлович**

аспирант кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
rubenarushanyan@gmail.com

### **Декусарова Анастасия Романовна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
dekusarova@mail.ru

### **Марченко Татьяна Александровна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
tatyanka2000@inbox.ru

### **Босых Ефим Андреевич**

студент 4 курса,  
Кубанский государственный технологический университет  
e.bosykh@atiss.info

### **Каграманова Ирина Александровна**

МБОУ СОШ № 4 пгт. Черноморского им. Мачуги В.Н.  
kaa\_200110@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрена математическая модель цикла Шмидта и выполнен анализ работы двигателя Стирлинга в приближении Шмидта при помощи численного анализа. В работе приведены результаты оптимизации для различных температурных параметров.

**Ключевые слова:** двигатель Стирлинга, приближение Шмидта, анализ цикла ДС, локальный энергетический комплекс.

\*\*\*\*\*

### **Kagramanova Alexandra Alexandrovna**

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
kaa\_200110@mail.ru

### **Arushanyan Ruben Rafaelovich**

Postgraduate Student, Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
rubenarushanyan@gmail.com

### **Dekusarova Anastasiya Romanovna**

4th year Student of the Department of heat power engineering,  
Kuban State Technological University  
dekusarova@mail.ru

**Marchenko Tatyana Alexandrovna**

4th year Student of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
tatyanka2000@inbox.ru

**Bosykh Efim Andreevich**

4th year Student,  
Kuban State Technological University  
e.bosykh@atiss.info

**Kagramanova Irina Aleksandrovna**

MBOU SOSH № 4 village. The Black Sea im. Machugi V.N.  
kaa\_200110@mail.ru

**Annotation.** A mathematical model of the Schmidt cycle is considered and the Stirling engine operation is analyzed in the Schmidt approximation using numerical analysis. The paper presents the results of optimization for various temperature parameters.

**Keywords:** Stirling engine, Schmidt approximation, Stirling engine cycle analysis, local energy complex.

\*\*\*\*\*

Двигатель Стирлинга (ДС) – относится к двигателям внешнего сгорания, точнее внешнего подвода тепла. Для работы ДС, требуется только обеспечить в его теплообменниках разность температуры. В качестве нагревателя можно использовать тепло горелки, пар или воду, нагретые в геотермальных или солнечных коллекторах. Можно подводить также непосредственно солнечную энергию от гелиоконцентраторов. Для этих случаев предусмотрена особая конструкция ДС с кварцевой головкой, через которую сконцентрированное солнечное излучение поступает непосредственно в расширительную камеру. Для этих двигателей можно даже использовать геотермальную воду, подаваемую непосредственно из скважины, или попутный нефтяной газ, которые могут обладать большой коррозионной агрессивностью. В качестве холодильника можно использовать окружающую среду, охлажденную воду, лед или снег.

Проведем численный анализ цикла ДС в приближении Шмидта. Целью анализа является выявление зависимости безразмерных параметров, характеризующих производительность цикла  $(\frac{P}{P_0}, \frac{V_1}{V_0}, \frac{V_2}{V_0}, \frac{A}{vRT_0}, \frac{Q_1}{vRT_0}, \frac{Q_2}{vRT_0})$  от безразмерных параметров, характеризующих конструктивные особенности процесса, его режим, или состояние ( $\tau, k, X, \delta$ ).

Расчеты показали, что при идеальной работе регенератора КПД цикла Шмидта совпадает с КПД ДС или цикла Карно.

Безразмерная работа за цикл  $\frac{A}{v \cdot R \cdot T_2}$  зависит от четырех безразмерных параметров:

$\delta, \tau, k, X$ . Особенно заметное влияние оказывает разность фаз  $\delta$ , так что ее значением можно управлять выходом тепловой машины: при  $0 < \delta < \pi, A > 0$ , т.е. система работает как двигатель, при  $\pi < \delta < 2\pi, A < 0$  – как холодильная машина. Назовем зависимость безразмерной работы от разности фаз – фазовой характеристикой. Максимальное значение работы, значение  $\delta$ , при которой наступает максимум, как и сам вид фазовой характеристики, зависят от значений трех оставшихся параметров.

Учитывая, что величина  $\delta$  может регулироваться в процессе эксплуатации, в то время, как  $k$  и  $X$  жестко связаны с конструкцией двигателя, а величину  $\tau$ , связанную с температурным режимом работы, также можно считать постоянной, оптимизацию по  $k$  можно осуществить следующим образом: задав конкретные значения  $\tau$  и  $X$ , оптимизировать  $A$  для каждого значения  $k$  из достаточно широкого диапазона в окрестности оптимума, определив  $A_m(k)$  и  $\delta_m(k)$ , а затем, из полученных значений определить оптимум по  $k$ .

В каждом двигателе Стирлинга существует мертвый объем  $V_D$ , куда относится объем нагревателя, регенератора, холодильника и других балластных областей, где рабочее тело не участвует в процессах сжатия-расширения. При проектировании ДС важно иметь представление о том, как влияет доля мертвого объема на работу двигателя.

При использовании ДС с различными источниками тепловой энергии, важно знать, как влияет разность температур нагревателя и холодильника на производительность двигателя. В безразмерном виде, разность температур по отношению к температуре окружающей среды (холодильника) выражается с помощью параметра  $\tau$ : 
$$\frac{T_1 - T_2}{T_2} = \tau - 1.$$

Таким образом, в состав локального энергетического комплекса должен входить преобразователь тепловой энергии в электрическую – генератор Стирлинга – компактный электрогенератор, совмещенный с двигателем Стирлинга (ДС), обладающий рядом свойств: универсальностью потребляемых источников энергии, большим моторесурсом, отсутствием необходимости регулярного ТО, надежностью, малозумностью, высокой удельной мощностью. Из четырех входных параметров единственным параметром, который легко можно изменять в процессе эксплуатации и который эффективно влияет на работу двигателя, является разность фаз  $\delta$ . Зависимость работы за цикл от  $\delta$ , названная в работе фазовой характеристикой, наглядно иллюстрирует режим работы ДС. В работе приведены результаты оптимизации для различных температурных параметров, соответствующих высоко – и низкопотенциальным источникам тепла для различных значений отношения объемов камеры сжатия к камере расширения ( $k$ ). Оптимальное значение этого параметра зависит от условий, на которые рассчитан двигатель. Приводятся результаты соответствующих расчетов, из которых делается вывод о том, что уменьшение доли мертвого объема ( $X$ ) приводит к значительному увеличению эффективности работы, однако слишком малый мертвый объем может привести к потере устойчивости работы двигателя. Показано, что максимальная по  $\delta$  работа за цикл при постоянных значениях  $k$ ,  $X$  практически пропорциональна разности температур нагревателя и холодильника.

### Литература:

1. Проблемы обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров типа РВС / А.А. Каграманова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 260–264.
2. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Причины разрушения резервуаров нефтепродуктов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 265–270.
3. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Описание компрессорной станции // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 271–274.
4. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Параметры турбины и их измерение // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 275–279.
5. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Технологический процесс компремирования природного газа // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 280–283.
6. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Физико-математическое моделирование и экспериментальные исследования коэффициента теплопроводности нефтегазоносных горных пород // Экспериментальные методы исследования пластовых систем: проблемы и решения: Тезисы докладов I Международного научно-

практического семинара, Москва, 01–02 июля 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», 2021. – С. 30.

7. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение давления // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 264–267.

8. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение температуры // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 268–271.

9. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Эксплуатация подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 259–263.

10. Виды потерь нефтепродуктов при операциях в резервуарных парках / И.А. Терещенко [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 254–258.

11. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Диагностика подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 248–253.

12. Арушанян Р.Р., Кочарян Е.В. Исследование теплопроводности тепловой трубы // Сборник лучших научных работ молодых ученых Кубанского государственного технологического университета, отмеченных наградами на конкурсах. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2018. – С. 29–30.

13. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Прогнозирование эффективной теплопроводности нефтеносных грунтов // Наука. Новое поколение. Успех: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Краснодар, 28 марта 2020 года / Коллектив авторов, ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2020. – С. 69–73.

14. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Расчёт коэффициента сопротивления диффузии нефтеносных грунтов на принципах статистики пористых тел и теории перколяции // Наука. Новое поколение. Успех: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Краснодар, 28 марта 2020 года / Коллектив авторов, ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2020. – С. 77–81.

#### **Literature:**

1. Problems of ensuring the safe operation of tanks such as RVS / A.A. Kagramanova [et al.] // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 260–264.

2. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Causes of destruction of oil products retanks // Science. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 265–270.

3. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Description of compressor station // Science. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 271–274.

4. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Turbine parameters and their measurement // Nauka. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 275–279.

5. Kagramanova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Technological process of natural gas compression // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 280–283.

6. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Physical and mathematical modeling and experimental studies of thermal conductivity coefficient of oil and gas bearing rocks // Experimental methods of reservoir systems studies: problems and solutions: Abstracts of I International Scientific-Practical Seminar, Moscow, July 01–02, 2021. – M. : Limited Liability Company «Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ», 2021. – P. 30.
7. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Pressure Measurement // Nauka. New generation. Success: materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 264–267.
8. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Temperature Measurements // Nauka. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 268–271.
9. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Operation of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 259–263.
10. Types of oil products losses during operations in tank farms / I.A. Tereschenko [et al.] // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 254–258.
11. Tereshchenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Diagnostics of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 248–253.
12. Arushanyan R.R., Kocharyan E.V. Investigation of thermal conductivity of a heat pipe // Collection of the best scientific papers of young scientists of Kuban State Technological University, awarded at competitions. - Krasnodar : Kuban State Technological University, 2018. – P. 29–30.
13. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Prediction of effective thermal conductivity of oil-bearing soils // Science. New generation. Success: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference devoted to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, Krasnodar, March 28, 2020 / Collected authors, FSBEU VO «KubGTU», 2020. – P. 69–73.
14. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Calculation of co-diffusion coefficient of oil-bearing soils on the principles of porous body statistics and percolation theory // Science. New generation. Success: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, Krasnodar, March 28, 2020 / Collected authors, FSBEU VO «KubGTU», 2020. – P. 77–81.

## **СПЕЦИФИКА И ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

\*\*\*\*\*

### **SPECIFICS AND POSSIBILITY OF USING WIND ENERGY AS A SOURCE OF ELECTRICITY**

**Каграманова Александра Александровна**

старший преподаватель кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
kaa\_200110@mail.ru

**Арушанян Рубен Рафаэлович**

аспирант кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
rubenarushanyan@gmail.com

**Декусарова Анастасия Романовна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
dekusarova@mail.ru

**Марченко Татьяна Александровна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
tatyanka2000@inbox.ru

**Босых Ефим Андреевич**

студент 4 курса,  
Кубанский государственный технологический университет  
e.bosykh@atiss.info

**Каграманова Ирина Александровна**

МБОУ СОШ № 4 пгт. Черноморского им. Мачуги В.Н.  
kaa\_200110@mail.ru

**Аннотация.** В публикуемой статье рассмотрена возможность использования энергии ветра, специфика использования энергии ветра в качестве источника электроэнергии. Описаны характеристики энергии ветра и потенциал.

**Ключевые слова:** энергия ветра, ветроэнергетический ресурс, удельный технический потенциал, удельный валовый потенциал.

\*\*\*\*\*

**Kagramanova Alexandra Alexandrovna**

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
kaa\_200110@mail.ru

**Arushanyan Ruben Rafaelovich**

Postgraduate Student, Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
rubenarushanyan@gmail.com

**Dekusarova Anastasiya Romanovna**

4th year Student of the Department of heat power engineering,  
Kuban State Technological University  
dekusarova@mail.ru

**Marchenko Tatyana Alexandrovna**

4th year Student of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
tatyanka2000@inbox.ru

**Bosykh Efim Andreevich**

4th year Student,  
Kuban State Technological University  
e.bosykh@atiss.info

**Kagramanova Irina Aleksandrovna**

MBOU SOSH № 4 village. The Black Sea im. Machugi V.N.  
kaa\_200110@mail.ru

**Annotation.** The article discusses the possibility of using wind energy, the specifics of using wind energy as a source of electricity. The characteristics of wind energy and potential are described.

**Keywords:** wind energy, wind energy resource, specific technical potential, specific gross potential.

\*\*\*\*\*

**В** о всем мире содержащаяся в ветре кинетическая энергия в 80 раз превышает совокупное энергопотребление населением Земли, хотя основная часть ветроэнергетических ресурсов приходится на мировой океан. Это говорит о том, что энергия ветра может стать потенциальной альтернативой в частичном замещении традиционных источников выработки электроэнергии. Ветроэнергетика является одним из наиболее быстро растущих секторов не только в области возобновляемых источников, но и в энергетике в целом.

Оценка природных ветроэнергетических ресурсов более высокого уровня детализации может быть осуществлена с использованием такого показателя, как плотность энергии ветрового потока  $N_{вд}$  под которой понимается средняя мощность воздушной струи, протекающей в единицу времени через поперечное сечение площадью в один квадратный метр:

$$N_{уд} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \sum_{i=1}^n u_i^3 \cdot t_i, \quad (1)$$

где  $N_{вд}$  – плотность энергии (удельная мощность) ветрового потока, Вт/м<sup>2</sup>;  
 $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  
 $u_i$  – средняя скорость ветра на  $i$ -том интервале скоростей ветра, м/с;  
 $t_i$  – часть времени, в течение которого скорость ветра находится в  $i$ -том интервале скоростей.

Удельный валовый потенциал энергии ветра – это часть среднесуточной суммарной энергии ветрового потока, которая может быть максимально использована в течение определенного периода времени идеальной ВЭУ в конкретной точке местности:

$$Val_{уд} = 10^{-3} \cdot N_{уд} \cdot S_{ом} \cdot k_{ж-б} \cdot T_{пер}, \quad (2)$$

$$S_{ом} = \pi \cdot \left( \frac{D_{вк}^2}{4} \right), \quad (3)$$

где  $Val_{вд}$  – удельный валовый потенциал энергии ветра, кВт·ч/пер.;  
 $N_{вд}$  – плотность энергии (удельная мощность) ветрового потока на уровне оси ветроколеса, Вт/м<sup>2</sup>;  
 $S_{ом}$  – площадь поверхности, ометаемой ветроколесом, м<sup>2</sup>;  
 $k_{ж-б} = 0,593$  – коэффициент Жуковского-Бетца;  
 $T_{пер}$  – количество часов в периоде, час;  
 $D_{вк}$  – диаметр ветроколеса ВЭУ, м.

Удельный технический потенциал энергии ветра – это часть среднесуточной суммарной энергии ветрового потока, которая может быть преобразована в электрическую энергию при существующем уровне развития технологий в течение определенного периода времени в конкретной точке местности:

$$T_{\text{ekh}}_{\text{уд}} = T_{\text{пер}} \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i. \quad (9)$$

Специфика использования энергии ветра в качестве источника электроэнергии заключается в том, что размещение относительно стабильно работающей ВЭУ можно осуществить – фактически в любой точке земного шара, а вот экономически обоснованными местами ее размещения будут только зоны с высокими среднегодовыми скоростями ветра, (зоны высокопотенциальных ветровых потоков).

### Литература:

1. Проблемы обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров типа РВС / А.А. Каграманова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 260–264.
2. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Причины разрушения резервуаров нефтепродуктов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 265–270.
3. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Описание компрессорной станции // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 271–274.
4. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Параметры турбины и их измерение // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 275–279.
5. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Технологический процесс компремирования природного газа // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 280–283.
6. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Физико-математическое моделирование и экспериментальные исследования коэффициента теплопроводности нефтегазоносных горных пород // Экспериментальные методы исследования пластовых систем: проблемы и решения: Тезисы докладов I Международного научно-практического семинара, Москва, 01–02 июля 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», 2021. – С. 30.
7. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение давления // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 264–267.
8. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение температуры // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 268–271.
9. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Эксплуатация подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 259–263.
10. Виды потерь нефтепродуктов при операциях в резервуарных парках / И.А. Терещенко [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 254–258.



11. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Диагностика подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 248–253.

12. Колесников Б.П., Магоматов А.С., Арушанян Р.Р. Прогнозирование эффективной теплопроводности нефтеносных грунтов // Наука. Новое поколение. Успех: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Краснодар, 28 марта 2020 года / Коллектив авторов, ФГБОУ ВО «КубГУ», 2020. – С. 69–73.

13. Андрейко Н.Г., Арушанян Р.Р., Леонова Т.А. Использование гелиосистем в теплоснабжении объектов Краснодарского края // Referatotech : материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – С. 12–15.

14. Андрейко Н.Г., Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Снижение вредных выбросов в атмосферу при сжигании жидких топлив // Referatotech : материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – С. 16–19.

### **Literature:**

1. Problems of ensuring the safe operation of tanks such as RVS / A.A. Kagrananova [et al.] // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 260–264.

2. Kagrananova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Causes of destruction of oil products retanks // Science. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 265–270.

3. Kagrananova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Description of compressor station // Science. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 271–274.

4. Kagrananova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Turbine parameters and their measurement // Nauka. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 275–279.

5. Kagrananova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Technological process of natural gas compression // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 280–283.

6. Kolesnikov B.P., Magomarov A.S., Arushanyan R.R. Physical and mathematical modeling and experimental studies of thermal conductivity coefficient of oil and gas bearing rocks // Experimental methods of reservoir systems studies: problems and solutions: Abstracts of I International Scientific-Practical Seminar, Moscow, July 01–02, 2021. – M. : Limited Liability Company «Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ», 2021. – P. 30.

7. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Pressure Measurement // Nauka. New generation. Success: materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 264–267.

8. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Temperature Measurements // Nauka. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 268–271.

9. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Operation of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 259–263.

10. Types of oil products losses during operations in tank farms / I.A. Tereschenko [et al.] // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 254–258.

11. Tereshchenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Diagnostics of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 248–253.

12. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Prediction of effective thermal conductivity of oil-bearing soils // Science. New generation. Success: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference devoted to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, Krasnodar, March 28, 2020 / Collected authors, FSBEU VO «KubGTU», 2020. – P. 69–73.

13. Andreiko N.G., Arushanyan R.R., Leonova T.A. Use of Solar Systems in Heat Supply of Krasnodar Region // Referatotech: Materials of International Scientific-Practical Conference: in 3 vols. – Krasnodar, 2020. – P. 12–15.

14. Andreiko N.G., Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Reduction of harmful emissions into the atmosphere during liquid fuels combustion // Referatotech : Proceedings of International Scientific-Practical Conference: in 3 vol. – Krasnodar, 2020. – P. 16–19.

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ  
ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ И ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ВЕТРОДИЗЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК**

\*\*\*\*\*

**METHODS OF INCREASING THE RELIABILITY  
OF ENERGY SUPPLY AND THE ADVANTAGES  
OF USING WIND-DIESEL INSTALLATIONS**

**Каграманова Александра Александровна**

старший преподаватель кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
kaa\_200110@mail.ru

**Арушанян Рубен Рафаэлович**

аспирант кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
rubenarushanyan@gmail.com

**Декусарова Анастасия Романовна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
dekusarova@mail.ru

**Марченко Татьяна Александровна**

студентка 4 курса кафедры теплоэнергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный технологический университет  
tatyanka2000@inbox.ru

**Босых Ефим Андреевич**

студент 4 курса,  
Кубанский государственный технологический университет  
e.bosykh@atiss.info

**Каграманова Ирина Александровна**

МБОУ СОШ № 4 пгт. Черноморского им. Мачуги В.Н.  
kaa\_200110@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены энергокомплексы на основе ВИЭ, методы повышения надежности энергообеспечения. Описаны классы ветродизельных установок и преимущества их использования.

**Ключевые слова:** энергокомплекс, ветродизельные установки, энергосистема, система аккумуляции.

\*\*\*\*\*

**Kagramanova Alexandra Alexandrovna**

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
kaa\_200110@mail.ru

**Arushanyan Ruben Rafaelovich**

Postgraduate Student, Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
rubenarushanyan@gmail.com

**Dekusarova Anastasiya Romanovna**

4th year Student of the Department of heat power engineering,  
Kuban State Technological University  
dekusarova@mail.ru

**Marchenko Tatyana Alexandrovna**

4th year Student of the Department of Heat Power Engineering,  
Kuban State Technological University  
tatyanka2000@inbox.ru

**Bosykh Efim Andreevich**

4th year Student,  
Kuban State Technological University  
e.bosykh@atiss.info

**Kagramanova Irina Aleksandrovna**

MBOU SOSH № 4 village. The Black Sea im. Machugi V.N.  
kaa\_200110@mail.ru

**Annotation.** This article discusses energy complexes based on renewable energy sources, methods for improving the reliability of energy supply. The classes of wind-diesel installations and the advantages of their use are described.

**Keyword:** energy complex, diesel installations, power system, accumulation system.

\*\*\*\*\*

Процедура синтеза энергокомплекса требует осуществления схемного и параметрического синтеза, поэтому данную задачу можно отнести к сложным задачам. Дополнительным аргументом, обосновывающим сложность задачи, является факт того, что разрабатываемая процедура синтеза должна позволять решать задачи оценки параметров энергокомплекса работающего на локального потребителя или работающего в составе энергосистемы. При этом состав энергокомплекса может быть расширен за счет использования дизель-генераторов.

Мировой опыт освоения ресурсов ВИЭ показывает, что использование только одного вида ВИЭ в системах энергоснабжения автономных потребителей не всегда позволяет обеспечить надежное и бесперебойное энергоснабжение из-за физических особенностей самих ВИЭ. В связи с этим, как правило, энергоснабжение автономного потребителя за счет ВИЭ стараются обеспечить путем комбинации разных видов ВИЭ в так называемых ЭК. В их состав, обычно, входят как энергоустановки на базе ВИЭ, так и дизельные (бензиновые) энергоустановки (ДЭУ, БЭУ), а также разного вида системы аккумуляции энергии.

На сегодняшний день наиболее изученными и надежными комплексами являются ветродизельные энергетические комплексы (ВДЭК). Подобные комплексы эксплуатируются во многих странах мира и являются надежным источником электрической энергии для тысяч автономных потребителей.

Исследованные ветродизельные установки (ВДУ) были разделены на 4 класса:

1. Класс 1 (простейший). Стандартный ветровой агрегат (ВА) сетевого использования с асинхронным генератором (АГ), который работает с постоянным включением на сборные шины (СШ) потребителя.

2. ВДУ класса 2. В конструкцию ДЭС внесены, изменения: между дизельным двигателем (ДД) и синхронным генератором установлены соединительная муфта и небольшой инерционный аккумулятор.

3. ВДУ класса 3. Отличается от предыдущего варианта введением в состав ВДУ аккумулятора энергии, в качестве которого может служить аккумуляторная батарея, гидравлический аккумулятор и другие источники энергии.

4. ВДУ класса 4. Имеет в своем составе ВА стандартного типа с синхронным или асинхронным генератором, и стандартной конструкцией ДЭС соизмеримой с ВА

мощности, без использования инерционного аккумулятора. ВА работает через выпрямитель на инвертор, выход которого соединен со сборными шинами потребителя.

Использование ВДУ позволяет существенно экономить дизельное топливо, однако, его вклад в энергообеспечение потребителя остается существенным. Система аккумуляции, которая позволяет в долгосрочный период времени перераспределить энергию, может свести к минимуму использование органического топлива.

### **Литература:**

1. Проблемы обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров типа РВС / А.А. Каграманова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 260–264.
2. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Причины разрушения резервуаров нефтепродуктов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 265–270.
3. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Описание компрессорной станции // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 271–274.
4. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Параметры турбины и их измерение // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 275–279.
5. Каграманова А.А. Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Технологический процесс компремирования природного газа // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 1. – С. 280–283.
6. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Физико-математическое моделирование и экспериментальные исследования коэффициента теплопроводности нефтегазонасыщенных горных пород // Экспериментальные методы исследования пластовых систем: проблемы и решения: Тезисы докладов I Международного научно-практического семинара, Москва, 01–02 июля 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», 2021. – С. 30.
7. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение давления // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 264–267.
8. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Измерение температуры // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 268–271.
9. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Эксплуатация подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 259–263.
10. Виды потерь нефтепродуктов при операциях в резервуарных парках / И.А. Терещенко [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 254–258.
11. Терещенко И.А., Арушанян Р.Р., Хапова М.Х. Диагностика подводных переходов // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 248–253.
12. Колесников Б.П., Магомадов А.С., Арушанян Р.Р. Прогнозирование эффективной теплопроводности нефтеносных грунтов // Наука. Новое поколение. Успех: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Краснодар, 28 марта 2020 года / Коллектив авторов, ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2020. – С. 69–73.
13. Андрейко Н.Г., Арушанян Р.Р., Леонова Т.А. Использование гелиосистем в теплоснабжении объектов Краснодарского края // Referatotech : материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – Т. 1. – С. 12–15.

14. Андрейко Н.Г., Арушанян Р.Р., Штефанец А.В. Снижение вредных выбросов в атмосферу при сжигании жидких топлив // Referatotech : материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – Т. 1. – С. 16–19.

#### **Literature:**

1. Problems of ensuring the safe operation of tanks such as RVS / A.A. Kagrananova [et al.] // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 260–264.

2. Kagrananova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Causes of destruction of oil products retanks // Science. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 265–270.

3. Kagrananova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Description of compressor station // Science. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 271–274.

4. Kagrananova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Turbine parameters and their measurement // Nauka. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 275–279.

5. Kagrananova A.A. Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Technological process of natural gas compression // Science. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 1. – P. 280–283.

6. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Physical and mathematical modeling and experimental studies of thermal conductivity coefficient of oil and gas bearing rocks // Experimental methods of reservoir systems studies: problems and solutions: Abstracts of I International Scientific-Practical Seminar, Moscow, July 01–02, 2021. – M. : Limited Liability Company «Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ», 2021. – P. 30.

7. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Pressure Measurement // Nauka. New generation. Success: materials of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 264–267.

8. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Temperature Measurements // Nauka. New generation. Success: Materials of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 268–271.

9. Tereschenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Operation of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 259–263.

10. Types of oil products losses during operations in tank farms / I.A. Tereschenko [et al.] // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific and Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 254–258.

11. Tereshchenko I.A., Arushanyan R.R., Khapova M.Kh. Diagnostics of underwater crossings // Nauka. New generation. Success: Proceedings of II International Scientific-Practical Conference: in 2 vol. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 248–253.

12. Kolesnikov B.P., Magomadov A.S., Arushanyan R.R. Prediction of effective thermal conductivity of oil-bearing soils // Science. New generation. Success: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference devoted to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, Krasnodar, March 28, 2020 / Collected authors, FSBEU VO «KubGTU», 2020. – P. 69–73.

13. Andreiko N.G., Arushanyan R.R., Leonova T.A. Use of Solar Systems in Heat Supply of Krasnodar Region // Referatotech: Materials of International Scientific-Practical Conference: in 3 vols. – Krasnodar, 2020. – Vol. 1. – P. 12–15.

14. Andreiko N.G., Arushanyan R.R., Stefanets A.V. Reduction of harmful emissions into the atmosphere during liquid fuels combustion // Referatotech : Proceedings of International Scientific-Practical Conference: in 3 vol. – Krasnodar, 2020. – Vol. 1. – P. 16–19.

## ЗАЩИТНЫЕ МАСТИЧНЫЕ И ПОЛИМЕРНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ

\*\*\*\*\*

### PROTECTIVE MASTIC AND POLYMER COATINGS FOR PIPELINES

**Каракай Кирилл Константинович**

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
1921karakay@mail.ru

**Шиян Станислав Иванович**

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

**Данчина Яна Владимировна**

студентка направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
danchina\_yana@mail.ru

**Малышкова Марина Леонидовна**

студентка направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
marmal2311@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье приведены основные виды мастичных и полимерных покрытий, их свойства, достоинства и недостатки. Также рассмотрены случаи со сложными условиями эксплуатации, а также материал, который применяют в таких случаях. Его основные свойства и достоинства.

**Ключевые слова:** мастичные покрытия, битумные покрытия, грунтовка, полимерные покрытия, полиолефины, полиэтилен, полипропилен, полиуретан, термоусаживающий материал, эпоксидные смолы, полимерные ленты.

\*\*\*\*\*

**Karakay Kirill Konstantinovich**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Business»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
1921karakay@mail.ru

**Shiyan Stanislav Ivanovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of Oil and Gas Field Equipment,  
Kuban State Technological University  
akngs@mail.ru

**Danchina Yana Vladimirovna**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Business»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
danchina\_yana@mail.ru

**Malyshkova Marina Leonidovna**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Business»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
marmal2311@gmail.com

**Annotation.** This article lists the main types of mastic and polymer coatings, their properties, advantages and disadvantages. Cases with difficult operating conditions are also considered, as well as the material that is used in such cases. Its main properties and advantages.

**Keywords:** mastic coatings, bituminous coatings, primer, polymer coatings, polyolefins, polyethylene, polypropylene, polyurethane, heat-shrinkable material, epoxy resins, polymer tapes.

\*\*\*\*\*

**К** мастичным относятся покрытия на основе битумных и асфальтосмолистых мастик.

Конструкция битумных покрытий сложилась в результате их длительного применения. Сначала идет слой грунтовки, получаемый при нанесении на трубу раствора битума в бензине или дизтопливе.

Он заполняет все микронеровности на поверхности металла. Грунтовка служит для обеспечения более полного контакта, лучшей адгезии между поверхностью металла и основным изоляционным слоем – битумной мастикой.

Битумные мастики представляют собой смесь тугоплавкого битума, наполнителей и пластификаторов. Её наносят на трубу при температуре 150 ... 180 °С. Расплавляя холодную грунтовку, мастика проникает во все микронеровности, обеспечивая хорошую адгезию изоляционного покрытия.

Изоляционные покрытия на основе битумных мастик применяются при температуре транспортируемого продукта не более 40 °С и на трубопроводах диаметром не более 820 мм.

Для защиты трубопроводов применяются также полимерные покрытия из материалов:

- экструдированный полиолефин;
- полиуретановые смолы;
- термоусаживающие материалы;
- эпоксидные краски;
- полимерные или битумно-полимерные ленты.

Полиолефины – это высокомолекулярные углеводороды алифатического ряда, получаемые полимеризацией соответствующих олефинов.

Полиэтилен – продукт полимеризации газообразного этилена. Он эластичен, обладает высокими механическими диэлектрическими свойствами, морозостойкостью, водостойкостью, устойчивостью к нефти, газу и нефтепродуктам. Однако, он горюч, имеет низкую адгезию, подвержен старению, а также медленно деформируется.

Полипропилен – продукт полимеризации пропилена. Обладает более высокой прочностью, жесткостью и теплостойкостью по сравнению с полиэтиленом.

Полиуретаны – полимеры, получаемые полимеризацией диизоцианатов или полиизоцианатов с соединениями, содержащими активные атомы водорода. Полиуретаны могут быть вязкими жидкостями или твердыми продуктами. Они устойчивы к действию кислот, масел, бензина, обладают высокими адгезией к стали, прочностью при ударе, удельным электросопротивлением и сопротивлением катодному отслаиванию, а также низким водопоглощением. Однако полиуретановые мастики почти непригодны для нанесения в полевых условиях при отрицательных температурах. Кроме того, некоторые марки таких мастик токсичны.



Основу термоусаживающих материалов составляет радиационно – вулканизированный полиэтилен трехмерной структуры, который при тепловом воздействии не него обеспечивает усадку изделия на защищаемой поверхности. Такие материалы применяются в виде оберточных лент, манжет и муфт для изоляции сварных соединений труб с заводской изоляцией.

Эпоксидные смолы после отверждения образуют покрытия, характеризующиеся высокой адгезией к металлам, механической прочностью, тепло-, водо- и химической стойкостью, хорошими диэлектрическими показателями. К недостаткам тонкопленочных эпоксидных покрытий относятся низкая ударная прочность и недостаточная стойкость к катодному отслаиванию.

Полимерные ленты в сравнении с мастиками более технологичны при нанесении и позволяют в значительной степени механизировать процесс. Кроме того, они обладают высокими диэлектрическими свойствами.

Большим недостатком липких полимерных лент является постепенная утрата адгезии к металлу. Другой недостаток – образование «шатровых пустот» в околошовной зоне, которые в дальнейшем становятся очагами коррозии.

Тип полимерного покрытия выбирается в зависимости от условий его эксплуатации. Основным из определяющих параметров является температура транспортируемого продукта  $T_{п}$ . Так, усиленное ленточное покрытие применяется при  $T_{п} \leq 40$  °С, покрытие на основе экструдированного полиолефина – не более 60 °С; на основе термостойких полимерных лент, полиуретановых смол, эпоксидных красок – не более 80 °С, на основе термоусаживающихся материалов – до 100 °С.

На участках со сложными почвенно – климатическими условиями и на подводных переходах, где трубы укладываются методом протаскивания, к изоляционным покрытиям предъявляют особо высокие требования: значительная механическая прочность, низкая степень истираемости, высокая адгезия к металлу, химическая стойкость, долговечность. В этих условиях очень привлекательны антикоррозионные покрытия из полиуретанов. Этот материал обладает высокими изолирующими свойствами, значительной твердостью, эластичностью, чрезвычайно высоким сопротивлением истиранию, царапанию и биоповреждениям. Кроме того, полиуретаны стойки к воде, растворам солей и обладают хорошей адгезией к металлам.

#### **Литература:**

1. Организация и управление охраной окружающей природной среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 266–271.
2. Экологические аспекты в нефтегазовом комплексе / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 272–277.
3. Источники и масштабы техногенного загрязнения в нефтяной промышленности / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 278–283.
4. Потенциал залежей низконапорного газа в России / В.И. Дунаев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 117–120.
5. Ресурсы низконапорного газа - как один из примеров техногенных месторождений / М.Е. Милостивенко [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 247–251.

6. Мероприятия по предупреждению и борьбе с осложнениями при эксплуатации скважин на Ключевом месторождении / И.И. Шаблий [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 245–250.
7. Разработка мероприятий и организация работ по переводу автотранспортных средств на газообразное топливо / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 248–252.
8. Анализ и оценка работы транспортного цеха крупного машиностроительного завода при переводе грузовых автомобилей на газообразное топливо / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 253–256.
9. Инновационные технологии и оборудование в сфере использования газа как моторного топлива / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 257–260.
10. Мероприятия по совершенствованию охраны труда и техники безопасности в связи с переводом грузовых автомобилей на газообразные смеси / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 261–265.
11. Техногенные месторождения России - рамки и условия их освоения / В.И. Дунаев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 112–116.
12. Целесообразность перевода автотранспорта на газовое топливо с точки зрения экологии и стимулирование развития газа как основного моторного топлива в России и за рубежом / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С.291–297.
13. Обзор основных видов топлив современных авто и целесообразность их перехода на природный газ / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 284–290.

#### **Literature:**

1. Organization and management of environmental protection at enterprises of the oil and gas industry / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 266–271.
2. Environmental aspects in the oil and gas complex / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 272–277.
3. Sources and extent of technogenic pollution in the oil industry / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 278–283.
4. Potential of low-pressure gas deposits in Russia / V.I Dunaev [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 117–120.
5. Resources of low-pressure gas - as one of the examples of technogenic fields / M.E. Milostivenko [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 247–251.

6. Measures to prevent and combat complications during well operation at the Klyuchevoy field / I.I. Shabliy [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 3. – P. 245–250.

7. Development of measures and organization of work on the transfer of vehicles to gaseous fuel / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 248–252.

8. Analysis and evaluation of the work of the transport department of a large machine-building plant when converting trucks to gaseous fuel / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 253–256.

9. Innovative technologies and equipment in the field of using gas as a motor fuel / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 257–260.

10. Measures to improve labor protection and safety in connection with the transfer of trucks to gaseous mixtures / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 261–265.

11. Technogenic deposits in Russia - the framework and conditions for their development / V.I. Dunaev [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 112–116.

12. The expediency of transferring vehicles to gas fuel from an environmental point of view and stimulating the development of gas as the main motor fuel in Russia and abroad / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 291–297.

13. Review of the main types of fuels of modern cars and the feasibility of their transition to natural gas / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 284–290.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ПРОГРАММОЛИНЕЙНОГО  
ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ  
ОПТИМИЗАЦИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ**

\*\*\*\*\*

**RESEARCH OF LINEAR PROGRAMS OF LINEAR PROGRAMMING  
FOR SOLUTION OF PROBLEM OF OPTIMIZATION  
OF SPECIAL ELECTRIC DRIVES**

**Карандей Владимир Юрьевич**

к.т.н., доцент,  
заведующий кафедрой электроснабжения промышленных предприятий,  
Кубанский государственный технологический университет

**Попов Борис Клавдиевич**

к.т.н., доцент,  
Кубанский государственный технологический университет

**Попова Ольга Борисовна**

к.т.н., доцент,  
Кубанский государственный технологический университет

**Афанасьев Виктор Леонидович**

старший преподаватель,  
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** В статье приведено исследование линейных программ линейного программирования для решения задачи оптимизации специальных электрических приводов. Использование линейных программ позволит осуществлять решение задач оптимизации.

**Ключевые слова:** специальный электрический привод, управляемый асинхронный каскадный электропривод, методы оптимизации, линейное программирование, электромеханическое преобразование энергии, электромагнитная система.

\*\*\*\*\*

**Karandey Vladimir Yuryevich**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Head of Department of Power Supply of the Industrial Enterprises  
Kuban State Technological University

**Popov Boris Klavdievich**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Kuban State Technological University

**Popova Olga Borisovna**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Kuban State Technological University

**Afanasiev Viktor Leonidovich**

Senior Lecturer,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** The article provides a study of linear linear programming programs to solve the problem of optimizing special electric drives. Using linear programs will allow you to solve the optimization problem.

**Keywords:** special electric drive, controlled asynchronous cascade electric drive, optimization methods, linear programming, electromechanical transformation of energy, electromagnetic system.

\*\*\*\*\*

Для создания новых технологий [1, 2] необходимо проведение научных исследований при создании новых специальных электрических приводов [3, 4]. Для этого разрабатываются новые подходы к математическому моделированию [5, 6], алгоритмам [7, 8], информационным системам [9, 10], программам расчета [11, 12]. Эти инструменты позволяют находить статические [13, 14], динамические [15, 16] параметры [17, 18], что позволяет реализовать технологические особенности [19, 20], предъявляемые к устройствам и системам.

При создании новых типов устройств необходимо решать задачи оптимизации. Одним из методов оптимизации является метод линейного программирования. Для решения задач оптимизации необходимо составить линейные программы и решить их.

Рассмотрим применение линейного программирования для решения задачи оптимизации специальных электрических приводов. Любая линейная программа может быть сведена к эквивалентной линейной программе оптимизации специальных электрических приводов следующего вида:

Линейная программа P. Минимизировать линейную функцию  $\sum_{j=1}^m b_j x_j$  при линейных ограничениях:

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} x_j \geq c_i, i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

$$\text{и } x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_m \geq 0. \quad (2)$$

Для каждой из этих линейных программ имеется соответствующая двойственная линейная программа. Программа, двойственная к линейной программе P, такова:

Линейная программа D. Максимизировать линейную функцию  $\sum_{j=1}^m b_j x_j$  при линейных ограничениях:

$$\sum_{j=1}^m y_j a_{ij} \leq b_j, j = 1, 2, \dots, m, \quad (3)$$

$$\text{и } y_1 \geq 0, y_2 \geq 0, \dots, y_n \geq 0. \quad (4)$$

Обратим внимание на то, как по программе P построена соответствующая программа D. Роли постоянных  $b_j$ , и  $c_i$  поменялись местами, а задача минимизации заменилась задачей максимизации. Суммирование в соотношении для программы P ведется по строкам матрицы  $(a_{ij})$ , тогда как суммирование в соотношении для программы D ведется по столбцам  $(a_{ij})$ . Наконец, следует заметить, что неравенства для разных программ имеют противоположные знаки, а переменные имеют одинаковые знаки.

Применение линейных программ линейного программирования позволит решить задачи оптимизации специальных электрических приводов.

### Литература:

1. Samoseiko V.F., Saushev A.V., Belousova N.V. Asynchronous motor control algorithm with parameter identification // Proceedings – 2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering, UralCon. – 2019. – P. 284–289. – Publisher : IEEE, doi : 10.1109/URALCON.2019.8877625.
2. Козярук А.Е. Современные эффективные электроприводы производственных и транспортных механизмов // Электротехника. – 2019. – № 3. – С. 33–37.
3. Афанасьев В.Л., Карандей В.Ю., Попов Б.К. Управляемый каскадный электрический привод // Патент на полезную модель RU 191959 U1, 28.08.2019, заявка № 2019111630 от 16.04.2019.

4. Dynamic torque limitation principle in the main line of a mill stand: explanation and rationale for use / V.R. Gasiyarov[et al.] // *Machines*. – 2019. – Vol. 7. – № 4. – P. 76 – DOI : 10.3390/machines7040076.
5. Andreev N.K. Influence of sensitivity and specificity of measuring methods on their informativity and hardware requirements // *E3S Web of Conferences*. 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES. – 2019. – №. 05043. – DOI : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912405043>.
6. Определение влияния способов широтно-импульсной модуляции на потери мощности в асинхронном двигателе / А.В. Гуляев[и др.] // *Электротехника*. – 2018. – № 9. – С. 74–76.
7. Blyuk V., Ershov M., Komkov A. Models and algorithms for quick calculation of electromechanical transition processes of multi-machine electrotechnical systems // *Proceedings – 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2019*. – 2019. – P. 686–689.
8. Жуковский Ю.Л., Бабанова И.С., Королёв Н.А. Способ диагностики технического состояния и оценки остаточного ресурса электромеханического агрегата с асинхронным двигателем // Патент на изобретение RU 2626231 С1, 24.07.2017. Заявка № 2016144271 от 10.11.2016.
9. Карандей В.Ю. Математическое моделирование каскадных асинхронных электроприводов: в 3 т.: монография / ФГБОУ ВПО «КубГТУ». – Краснодар : Издательский Дом – Юг. – Т. 1: Математическое моделирование магнитных систем электропривода. – 2014. – 142 с.
10. Карандей В.Ю., Афанасьев В.Л., Базык А.В. Программа расчета параметров и анимационного построения потокораспределения компонента асинхронного каскадного электропривода // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU № 2015615828, зарегистрировано 25.05.2015 г.
11. Карандей В.Ю., Карандей Ю.Ю., Базык А.В. Программа расчета параметров и самоанимационного построения потокораспределения компонента асинхронного каскадного электропривода // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2015615826 от 25 мая 2015 г.
12. Карандей В.Ю. Программа задания конструктивных параметров компонента асинхронного каскадного электропривода, статорной обмотки и визуального построения полученного потокораспределения // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2015615827 от 25 мая 2015 г.
13. Карандей В.Ю., Попов Б.К. Концепция расчета магнитной системы асинхронного двигателя специального электропривода, // *Известия высших учебных заведений, Пищевая технология. Научно-технический журнал*. – 2008. – № 1. – С. 101–103.
14. Карандей В.Ю., Попов Б.К. Определение токов статора и ротора в каскадном электрическом приводе // *Известия высших учебных заведений, Северо-Кавказский регион. Технические науки*. – 2008. – № 4. – С. 91–96.
15. Власьевский С.В., Малышева О.А., Мельниченко О.В. Сравнение расчетных сил тяги по сцеплению электровозов переменного тока с асинхронным и коллекторным приводом // *Электроника и электрооборудование транспорта*. – 2018. – № 5. – С. 30–36.
16. Определение электромагнитной энергии и момента в каскадном электрическом приводе / В.Ю. Карандей [и др.] // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2014. – № 97. – С. 464–481.
17. Определение магнитных параметров модели статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода цилиндрической конструкции / В.Ю. Карандей [и др.] // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2017. – № 09 (133). – С. 1231–1248. – Doi : 10.21515/1990-4665-133-105.

18. Определение магнитных параметров модели статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода аксиальной конструкции / В.Ю. Карандей [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 10 (134). – С. 1135–1151. – Doi : 10.21515/1990-4665-134-092.

19. Research of electromagnetic parameters for improvement of efficiency of special electric drives and components / V.Yu. Karandey [et al.] // 5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies 2019. – 2016. – P. 69–74. – Doi : 10.1109/PGSRET.2019.8882689.

20. Research dynamics of change of electromagnetic parameters of controlled special electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019). – 2019. – P. 8934751. – Doi : 10.1109/FarEastCon.2019.8934751.

### **Literature:**

1. Samoseiko V.F., Saushev A.V., Belousova N.V. Asynchronous motor control algorithm with parameter identification // Proceedings – 2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering, UralCon. – 2019. – P. 284–289. – Publisher : IEEE, doi : 10.1109/URALCON.2019.8877625.

2. Kozyaruk A.E. Modern effective electric drives of production and transport mechanisms // Electrotechnika. – 2019. – № 3. – С. 33–37.

3. Afanasyev V.L., Karandey V.Yu., Popov B.K. The controlled cascade electric drive // Patent for utility model № RU 191959 U1, is registered 28.08.2019, application № 2019111630 here 16.04.2019.

4. Dynamic torque limitation principle in the main line of a mill stand: explanation and rationale for use / V.R. Gasiyarov [et al.] // Machines.– 2019. – Vol. 7. – № 4. – P. 76 – DOI : 10.3390/machines7040076.

5. Andreev N.K. Influence of sensitivity and specificity of measuring methods on their informativity and hardware requirements // E3S Web of Conferences. 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES. – 2019. – №. 05043. – DOI : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912405043>.

6. Malysheva, Definition of influence of ways of pulse width modulation on power losses in the asynchronous motor / A.V. Gulyaev [et al.] // Electrotechnika. – 2018. – Vol. 9. – P. 74–76.

7. Blyuk V., Ershov M., Komkov A. Models and algorithms for quick calculation of electromechanical transition processes of multi-machine electrotechnical systems // Proceedings – 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2019. – 2019. – P. 686–689.

8. Zhukovsky Yu. L., Babanova I.S., Korolev N.A. Method of diagnostics of technical condition and electromechanical device remaining lifetime estimation with asynchronous motor // Patent for invention RU 2626231 C1, 24.07.2017.Application № 2016144271 here 10.11.2016.

9. Karandey V.Y. Mathematical modeling of cascaded asynchronous electric drives: in 3 t: monograph / FGBOU HPE «KubGTU». – Krasnodar : Publishing House – South. – Vol. 1: Mathematical modeling of magnetic systems of the electric drive. – 2014. – 142 p., ISBN 978-5-91718-345-9 (Vol. 1)

10. Karandey V.Yu., Afanasyev V.L., Bazik A.V. Program for calculation of parameters and animated construction of magnetic flux of component of asynchronous cascade electric drive // Certificate on official registration of the computer program RU № 2015615828, is registered 25.05.2015 year.

11. Karandey V.Yu., Karandey Yu.Yu., Bazyk A.V. Program of calculation of parameters and samoanimatsionny creation of a potokoraspredeleniye of a component of the asynchronous cascade electric drive // The certificate on official registration of the computer program № 2015615826 of May 25, 2015.
12. Karandey V.Yu. The program of a task of design data of a component of the asynchronous cascade electric drive, a statorny winding and the visual construction received Potokaspredeleniye // The certificate on official registration of the computer program № 2015615827 of May 25, 2015.
13. Karandey V.Y., Popov B.K. The concept of calculating the magnetic system of the asynchronous motor of a special electric drive // News of higher educational institutions, Food technology. Scientific and technical journal. – 2008. – № 1. – P. 101–103.
14. Karandey V.Y., Popov B.K. Determination of stator and rotor currents in a cascade electric drive // News of Higher Educational Institutions, North-Caucasian Region. Technical science. – 2008. – № 4. – P. 91–96.
15. Vlasyevskiy S.V., Malysheva O.A., Melnichenko O.V. Comparison of calculation traction forces on the adhesion of ac electric locomotives with an asynchronous and collector drives // Electronics and electric equipment of transport. – 2018. – Vol. 5. – P. 30–36.
16. Definition of electromagnetic energy and moment in the cascade electric drive / V.Yu. Karandey [et al.] // Polythematic network electronic scientific magazine of the Kuban state agricultural university (The scientific magazine of KUBGAU). – Krasnodar : KubGAU, 2014. – № 97. – P. 464–481.
17. The magnetic model parameters determination of the stator of the component of the controlled asynchronous cascade electric drive of cilindrical construction / V.Yu. Karandey [et al.] // Polythematic network electronic scientific magazine of the Kuban state agricultural university (The scientific magazine of KUBGAU). – Krasnodar : KubGAU, 2017. – № 09 (133). – P. 1231–1248. – Doi : 10.21515/1990-4665-133-105.
18. The magnetic model parameters determination of the stator of the component of the controlled asynchronous cascade electric drive axial construction / V.Yu. Karandey [et al.] // Polythematic network electronic scientific magazine of the Kuban state agricultural university (The scientific magazine of KUBGAU). – Krasnodar : KubGAU, 2017. – № 10 (134). – P. 1135–1151. – Doi : 10.21515/1990-4665-134-092.
19. Research of electromagnetic parameters for improvement of efficiency of special electric drives and components / V.Yu. Karandey [et al.] // 5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies 2019. – 2016. – P. 69–74. – Doi : 10.1109/PGSRET.2019.8882689.
20. Research dynamics of change of electromagnetic parameters of controlled special electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019). – 2019. – P. 8934751. – Doi : 10.1109/FarEastCon.2019.8934751.



## МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ДЛЯ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

\*\*\*\*\*

## METHODS FOR DETERMINING THE RESIDUAL LIFE FOR STEEL PIPELINES

### **Качурина Мария Андреевна**

студент кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
mari\_kachurina@mail.ru

### **Ханюченко Никита Демьянович**

старший преподаватель  
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
n.d.khanyuchenko@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются методики определения остаточного ресурса для стальных трубопроводов.

**Ключевые слова:** трубопровод, остаточный ресурс, методика оценки, механические свойства металлов.

\*\*\*\*\*

### **Kachurina Maria 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

### **Khanyuchenko Nikita Demyanovich**

Senior Lecturer of the Department of Equipment for Oil and Gas Fields,  
Institute «Oil, Gas and Energy»,  
n.d.khanyuchenko@mail.ru

**Annotation.** This article discusses methods for determining a sufficient resource for steel pipelines.

**Keywords:** pipeline, residual resource, assessment methodology, mechanical properties of metals.

\*\*\*\*\*

**В** настоящее время технологические производства имеют сложную систему трубопроводов, как долго и надежно прослужит тот или иной трубопровод зависит от корректной работы и эксплуатации. Для определения срока службы и ремонта разработана методика оценки остаточного ресурса трубопроводов. С ее помощью можно определить, что еще способна сеть и нужно ли ее менять полностью либо частично.

Остаточный ресурс трубопроводов – это отношение планируемого срока использования системы к ее эксплуатации.

- Остаточный ресурс трубопроводов необходимо определять в случаях, если:
- трубопроводы отработали расчетный по проекту срок использования;
  - не были рассчитаны сроки использования или ресурс, при сроке эксплуатации > 20 лет включительно;
  - элементы сети выработали допустимый к последующему использованию ресурс сверх установленного;
  - были нарушены условия использования при параметрах выше расчетных.

Методика оценки остаточного ресурса трубопроводов осуществляется за счет набора действий, испытаний, расчетов и исследований. Технологические трубопроводы обследуются непосредственно специалистами служб, которые специализируются на этих видах работ. При оценке изучаются условия эксплуатации элементов сети, нормативные и проектные документы.

Перечень проводимых мероприятий:

- изучение существующей технической документации;
- контроль механических свойств;
- оценка фактической нагрузки несущих частей;
- определение толщины;
- прочностные и плотностные испытания;
- металлография;
- анализ химического состава материалов;
- анализ повреждений;
- выявление дефектов;
- проверка пробным давлением.

Также могут проводиться и другие исследования, применяемые в частном порядке, по мнению специалистов.

Остаточный ресурс трубопроводов рассчитывается после досконального визуального осмотра инженерной сети. При этом должно быть подтверждено, как минимум, удовлетворительное состояние механических свойств и структуры металлов.

#### **Литература:**

1. Газоперекачивающие агрегаты / А.А. Паранук [и др]. – Яблоновский, 2019. – С. 112–114.
2. Паранук А.А., Мамий С.А. Эксплуатация насосных и компрессорных станций. – Яблоновский, 2019. – С. 83–86.
3. Поляков А.В., Приходько М.Г., Ханюченко Н.Д. Использование инновационного метода для изготовления, прототипирования и ремонта нефтегазопромыслового оборудования // В сборнике: Наука. Новое поколение. Успех. Материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т. – Краснодар, 2021. – Т. 2. – С. 162–166.
4. Обзор методов борьбы с коррозией / А.В. Поляков [и др.] // В сборнике: Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – Т. 1. – С. 293–296.
5. Физические основы оптических методов контроля / А.В. Поляков [и др.] // В сборнике: Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – Т. 2. – С. 80–83.
6. Оценка технического состояния узлов газоперекачивающих агрегатов как модель колебательной системы / А.А. Паранук [и др.] // Экспозиция Нефть Газ. – 2015. – № 4 (43). – С. 88–90.

#### **Literature:**

1. Gas pumping units / A.A. Paranuk [et al.]. – Yablonovsky, 2019. – P. 112–114.
2. Paranuk A.A., Mamiy S.A. Operation of pumping and compressor stations. – Yablonovsky, 2019. – P. 83–86.

3. Polyakov A.V., Prikhodko M.G., Khanyuchenko N.D. Using an innovative method for the manufacture, prototyping and repair of oil and gas equipment // In the collection: Science. New generation.Success. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference: in 2 volumes. – Krasnodar, 2021. – Vol. 2. – P. 162–166.
4. Review of corrosion control methods / A.V. Polyakov [et al.] // In the collection: Materials of the International Scientific and Practical Conference: in 3 volumes. – Krasnodar, 2020. – Vol. 1. – P. 293–296.
5. Physical foundations of optical control methods / A.V. Polyakov [et al.] // In the collection: Materials of the International Scientific and Practical Conference: in 3 volumes. – Krasnodar, 2020. – Vol. 2. – P. 80–83.
6. Evaluation of the technical condition of gas compressor units as a model of an oscillatory system / A.A. Paranuk [et al.] // Exposition Oil and Gas. – 2015. – № 4 (43). – P. 88–90.

## ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПОЧВУ ПРИ ДОБЫЧЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ УГЛЕВОДОРОДОВ

\*\*\*\*\*

## TECHNOGENIC IMPACT ON THE SOIL DURING THE EXTRACTION AND USE OF HYDROCARBONS

### **Киарас Никита Андреевич**

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
rr.king@list.ru

### **Шиян Станислав Иванович**

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

### **Ежиков Руслан Александрович**

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
2108Ezhi@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье рассмотрено как в основном происходит загрязнение почв при добыче углеводородов, приведены основные следствия вредного воздействия и меры по восстановлению нарушенного почвенного покрова, биоресурсов, природной и геологической среды.

**Ключевые слова:** углеводороды, рекультивация, почва, БСВ, ОБР, почвозащитные мероприятия, бурение, окружающая среда, природоохранная деятельность.

\*\*\*\*\*

### **Kiraras Nikita Andreevich**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Engineering»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
rr.king@list.ru

### **Shiyan Stanislav Ivanovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of Oil and Gas Field Equipment,  
Kuban State Technological University  
akngs@mail.ru

### **Ezhikov Ruslan Alexandrovich**

Student Training Direction 21.03.01 «Oil and Gas Engineering»,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
2108Ezhi@gmail.com

**Annotation.** This article examines how soil pollution mainly occurs during the extraction of hydrocarbons, presents the main consequences of the harmful effects and measures to restore the disturbed soil cover, biological resources, natural and geological environment.

**Keywords:** hydrocarbons, recultivation, soil, BSV, OBR, soil protection measures, drilling, environment, environmental protection activities.

\*\*\*\*\*

При бурении скважин и добыче углеводородов образуются значительные площади земель, оказавшиеся в зоне подработки и потерявшие свою первоначальную ценность. Рекультивация нарушенных территорий – это комплекс мероприятий по восстановлению нарушенного почвенного покрова, биоресурсов, природной и геологической среды. Процессы рекультивации должны носить системный характер и занимать равное положение с процессами эксплуатации недр. Рекультивация земель должна осуществляться за счёт средств добывающих компаний. Эти средства должны входить в себестоимость готовой продукции.

При бурении скважин загрязнителями почв, морских и грунтовых вод являются буровые растворы, содержащие различные химические реагенты, буровые растворы на нефтяной основе, а также пластовые воды, которые могут содержать в одном кубометре до 300 кг солей. На некоторых месторождениях на каждую добытую тонну нефти из недр извлекается до 10 т пластовой воды.

Наибольший объём отходов при бурении составляют буровые сточные воды (БСВ), представляющие собой многокомпонентные суспензии, содержащие нефть и нефтепродукты, минеральные и органические вещества. В сточных водах в растворённом виде присутствуют минеральные соли натрия, калия, кальция, магния, и химические реагенты. Нефтепродукты находятся в БСВ в эмульгированном и растворённом состояниях. Высокий уровень загрязнённости БСВ не допускает их сброса в объекты природной среды без предварительной очистки.

Одной из важных задач природоохранной деятельности буровых предприятий является внедрение в промышленную практику почвозащитных агроэкологических мероприятий, поскольку установлено угнетающее действие отходов буровых растворов (ОБР) и высокоминерализованных пластовых вод на активность почв.

Шламовые амбары – это токсичный очаг для прилегающих территорий. Во избежание утечек в грунт места размещения ёмкостей для хранения ГСМ и растворов, котлованов для сточных вод и бурового шлама должны быть обвалованы и гидролизованы. Шламонакопители выводят из сельскохозяйственного оборота значительные площади. Обследование шламовых амбаров на месторождениях, где бурение велось с использованием соленасыщенных буровых растворов, показало, что на месте работы буровой установки площадь засоления грунтов и подземных вод достигает 4,5 га. При этом плодородие почв не восстанавливается даже спустя 11 лет после окончания бурения. Полное рассоление почв не зафиксировано ни на одном из участков, примыкающих к ранее пробуренным скважинам.

Исследование техногенного воздействия шламовых амбаров на окружающую среду выявило, что они либо вообще не имеют гидроизоляцию, либо она нарушена и их содержимое проникает в грунты на глубину до 80 м. При попадании ОБР в почву происходит разрушение почвенных ферментов, за счёт чего снижается продуктивность почвенного покрова. В частности, при попадании в почву отходов растворов, содержащих 15% нефти и нефтепродуктов, урожайность падает практически до нуля, и почва не восстанавливается в течении длительного времени (до 15–20 лет).

В процессе бурения используют воду из близлежащих водоёмов или из специально пробуренных скважин. Следует максимально полно использовать сточные воды на технологические нужды, не допуская их сброса на рельеф. При бурении одной скважины безвозвратное потребление и потери воды достигают 3500 м<sup>3</sup>, а количество выпускаемых в водоёмы производственных сточных вод составляет примерно 1,5 м<sup>3</sup> на один метр проходки.

Представление о количестве получающихся отходов бурения можно получить из следующего примера. На Тенгизком месторождении общее количество отходов в амбарах составило почти 220 тыс. т, общий объём которых составил более 120 тыс. м<sup>3</sup>. В среднем количество отходов буровых растворов от проходки одной скважины составляло более 3000 т или 1600 м<sup>3</sup>.

При проектной вместимости одного амбара 5000 м<sup>3</sup> отходы химических реагентов и материалов заняли третью часть вместимости амбара. При этом содержание нефти, битума и дизельного топлива в одном амбаре составило более 1000 т. Кроме этого в шламовый амбар также сбрасывался избыток тампонажного раствора. Остальной объём амбара также сбрасывался выбуренной породой, а после технической рекультивации – грунтом, вынутым при строительстве амбара.

Подобный способ захоронения полужидкой массы отходов бурения в шламовых амбарах на территории буровой практикуется почти повсеместно. Способ локализации отходов бурения посредством засыпки котлованов без их обезвреживания не решает полностью задачи защиты почвы и грунтовых вод от загрязнения отходами.

Из всех видов загрязнения почвенной среды нефтепродуктами и другими группами загрязняющих веществ наиболее опасным является загрязнение горизонта грунтовых вод, так как токсичные вещества могут мигрировать на большие расстояния, распространяться за пределы первоначального участка и проникать к водозаборным сооружениям. Над загрязненной поверхностью подземных вод формируется газовая оболочка из углеводородов.

Удельные потери нефти российских добывающих компаний составляют в среднем 5,2 кг на тонну добытой нефти. Удельные потери предприятия нефтепереработки тоже велики и составляют в среднем 4,5 кг на тонну переработанной нефти. Нижний безопасный уровень содержания нефтепродуктов в почвах составляет 1000 мг/кг. Ниже этого уровня в почвенных экосистемах происходят процессы самоочищения. Верхний безопасный уровень содержания нефтепродуктов зависит от типа почвы, климатической зоны и состава нефтепродуктов. Следует заметить, что до сих пор остаются недостаточно изученными вопросы токсической активности многих используемых в бурении реагентов.

**Таблица 1**– Уровни загрязнения почв нефтепродуктами

Уровень загрязнения	Содержание, мг/кг	Содержание, %
Фоновый	До 100–500	До 0,01–0,05
Низкий	500–1000	0,05–0,1
Умеренный	1000–5000	0,1–0,5
Средний	5000–10000	0,5–1,0
Высокий	10000–50000	1,0–5,0

С позиции экологической безопасности более предпочтительны механические способы сбора разлитой нефти. Широко используются методы, основанные на свойствах некоторых материалов поглощать нефть: торф, мох, опилки, сено, полиуретан, целлюлоза, смолы. Искусственные сорбенты можно использовать повторно после регенерации. Поглощающая способность комбинированных поглотителей нефти достигает 26 кг/кг, а кратность использования – 30 раз.

Перечень химических препаратов для использования при ликвидации нефтяных разливов насчитывает более 200 наименований. Из них различают следующие основные группы:

– эмульгаторы для создания эмульсий с целью диспергирования нефти и ускорения ее разложения;

- отвердители для придания нефти густой консистенции и последующего механического удаления;
- моющие средства для смывания нефтяных пленок, пятен и покрытий с пляжных участков.

На первых этапах ликвидации загрязнений почв используют механический способ удаления слоя почвы и физико-химические методы очистки: сжигание, промывка или сорбция. Применение нефтеразлагающих бактерий-биодеструкторов позволяет снижать загрязнения лишь в поверхностном слое почвы. К тому же процесс этот занимает 2–3 сезона. Процесс самоочищения под действием природной микрофлоры является длительным – до 25 лет. Этот период можно сократить на 5–7 лет, применяя рыхление или внесение сорбентов. Остаточная нефть по химическому составу представляет собой битум, что дает основание считать процесс деструкции законченным. На окончательной стадии рекультивации используют посев нефтестойких растений: клевер, щавель, осоку и др.

Наиболее эффективный метод – биотехнологии, основанные на окислении нефтепродуктов микроорганизмами. В результате происходит расщепление углеводородов, их минерализация и последующая гумификация.

В глобальном плане количество нефтешламов в накопителях и мае-штабы загрязнений почв увеличиваются. Восстановление нарушенных земель значительно отстает от темпов загрязнения, потому что очистка почвы от нефтепродуктов представляет собой сложную проблему и требует высоких затрат. Стоимость рекультивации сильно загрязненных участков достигает 150 тыс. долл. за гектар.

Химические реагенты используются также и при разработке нефтяных месторождений методом поддержания пластового давления. В случае внутриконтурного заводнения пластов расход воды составляет до 2 м<sup>3</sup> на тонну добытой нефти, а при площадном заводнении – более 15 м<sup>3</sup> на тонну добытой нефти.

### **Литература:**

1. Брижань В.В., Шиян С.И. Оценка экономической эффективности от перевода грузового автотранспорта на компримированный природный газ в качестве моторного топлива // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 300–314.
2. Потенциал залежей низконапорного газа в России / В.И. Дунаев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 117–120.
3. Сухин А.А., Шиян С.И. Анализ методов борьбы с гидратами на Астраханском газоконденсатном месторождении // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 383–392.
4. Организация и управление охраной окружающей природной среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 266–271.
5. Экологические аспекты в нефтегазовом комплексе / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 272–277.
6. Источники и масштабы техногенного загрязнения в нефтяной промышленности / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 278–283.
7. Ресурсы низконапорного газа – как один из примеров техногенных месторождений / М.Е. Милостивенко [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 247–251.

8. Мероприятия по предупреждению и борьбе с осложнениями при эксплуатации скважин на Ключевом месторождении / И.И. Шаблий [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 245–250.

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. – С. 280–287.

10. Шиян С.И. Предупреждение геоэкологических 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/pre-duprezhdenie-geoekologicheskikh-posledstviiv-ot-avarii-putem-operativnogo-upravleniya-tekh>

11. Целесообразность перевода автотранспорта на газовое топливо с точки зрения экологии и стимулирование развития газа как основного моторного топлива в России и за рубежом / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 291–297.

12. Гойда А.Н., Шиян С.И., Шаблий И.И. Современное состояние и перспективы развития рынка сжиженного природного газа // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 124–142.

13. Шиян С.И., Ильинский К.А., Пашуренко И.О. Переработка отходов животноводческого комплекса как решение проблемы парникового эффекта и способ получения источника энергии // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 219–227.

14. Анализ эффективности существующей системы очистки сточных вод и обоснование необходимости её модернизации на нефтебазе N / Д.Ю. Кирилкин [и др.] // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 190–200.

15. Техногенные месторождения России – рамки и условия их освоения / В.И. Дунаев [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 112–116.

#### **Literature:**

1. Brizhan V.V., Shiyan S.I. Evaluation of economic efficiency from the transfer of trucks to compressed natural gas as a motor fuel // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 2. – P. 300–314.

2. Potential of low-pressure gas deposits in Russia / V.I Dunaev [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 117–120.

3. Sukhin A.A., Shiyan S.I. Analysis of methods for combating hydrates at the Astrakhan gas condensate field // Bulatov Readings. – 2020. – Vol. 2. – P. 383–392.

4. Organization and management of environmental protection at enterprises of the oil and gas industry / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 266–271.

5. Environmental aspects in the oil and gas complex / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 272–277.

6. Sources and extent of technogenic pollution in the oil industry / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 278–283.



7. Resources of low-pressure gas - as one of the examples of technogenic fields / M.E. Milostivenko [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 247–251.
8. Measures to prevent and combat complications during well operation at the Klyuchevoy field / I.I. Shabliy [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 3. – P. 245–250.
9. 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 // Rassokhinreadings : Materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – Part 1. – P. 280–287.
10. Shiyan 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»: Dis. ... Cand. Techn. Sciences – Krasnodar, 2005. – URL : <https://www.dissercat.com/content/preduprezhdenie-geoekologicheskikh-posledstviy-ot-avarii-putem-operativnogo-upravleniya-tekh>
11. The expediency of transferring vehicles to gas fuel from an environmental point of view and stimulating the development of gas as the main motor fuel in Russia and abroad / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 2. – P. 291–297.
12. Goida A.N., Shiyan S.I., Shabliy I.I. The current state and development prospects of the liquefied natural gas market // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 4. – P. 124–142.
13. Shiyan S.I., Ilyinsky K.A., Pashurenko I.O. Waste processing of the livestock complex as a solution to the problem of the greenhouse effect and a method of obtaining an energy source // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 4. – P. 219–227.
14. Analysis of the effectiveness of the existing wastewater treatment system and justification of the need for its modernization at the oil depot N / D.Yu. Kirilkin [et al.] // Bulatov Readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 190–200.
15. Technogenic deposits in Russia - the framework and conditions for their development / V.I. Dunaev [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – Vol. 1. – P. 112–116.

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ НА РАБОТУ ОДНОФАЗНЫХ ПРИЕМНИКОВ В ТРЕХФАЗНЫХ СЕТЯХ

\*\*\*\*\*

### ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF UNEVEN POWER DISTRIBUTION ON THE OPERATION OF SINGLE-PHASE RECEIVERS IN THREE-PHASE NETWORKS

**Коваль Алексей Николаевич**

старший преподаватель,

Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** Данная статья посвящена обзору влияния неравномерного распределения мощности на работу однофазных приемников в трехфазных сетях.

**Ключевые слова:** равномерность распределения нагрузки, перекос фаз, однофазные приемники электрической энергии.

\*\*\*\*\*

**Koval Aleksey Nikolaevich**

Head Teacher,

Kuban State Technological University

**Annotation.** This article reviews the influence of uneven power distribution on the operation of single-phase receivers in three-phase networks.

**Keywords:** uniformity of load distribution, phase distortion, single-phase electrical energy receivers.

\*\*\*\*\*

При проектировании систем электроснабжения стремятся распределить мощности однофазных приемников электрической энергии по фазам трехфазной сети равномерно. Однако это не всегда удается. Считается, что распределение по фазам однофазных приемников электрической энергии выполнено, если суммарная номинальная мощность, остающаяся нераспределенной равномерно по фазам, не превышает 15 % общей нагрузки узла системы электроснабжения (общей мощности трехфазных и однофазных приемников электрической энергии, распределенных по фазам равномерно).

При неравномерном распределении на трехфазном вводе, при отгорании нуля или его плохом контакте, напряжения на фазных проводах начинают различаться друг от друга, как в большую так и в меньшую сторону.

Но даже при равномерном распределении нагрузки по номинальной мощности, невозможно сохранить равномерность нагрузки по следующим причинам:

- различие времени включения электропотребителей;
- различные типы нагрузок (как индуктивная, так и емкостная);
- длительность включения;
- потребляемая мощность прибора на данный момент (техника может работать на разной мощности, во время запуска могут возникать пусковые токи и т.д.).

Соответственно, неравномерность нагрузки в трёхфазной сети будет иметь место, практически, постоянно. Вопрос лишь в ее значении.

Наиболее часто встречаются ситуации, в которых при подключении электропитания к трансформаторам не учитывается их потребляемая мощность. Таким образом, бывает, что физически фазы имеют приблизительно одинаковое количество подключений, но вот потребляемая этими подключениями мощность существенно отличается.

Из-за того что электроэнергия распределяется по проводникам неравномерно, в электросети значительно увеличивается потребление электричества.

В идеально работающих трехфазных цепях ток через нейтральный провод равен нулю. В случае возникновения перекоса на нем появляются токи, которые компенсируют асимметрию напряжений. Вот почему обрыв («отгорание») нулевого провода служит еще одной из причин появления перекоса. Падение/увеличение фазного напряжения согласно закона Ома возникает при увеличении/уменьшении сопротивления (нагрузки). Поэтому одной из причин возникновения перекоса будет разное по количеству и мощности число электрических приборов «сидящих» на каждой отдельной фазе.

На практике не существует работающих трехфазных сетей, в которых отсутствует перекос фаз. Это связано с особенностями электрического оборудования, принцип работы которых с точки зрения экономической целесообразности исключает симметричное исполнение.

Таким образом появляется необходимость исследования режимов работы электрических сетей с целью выявления и подтверждения закономерностей влияния неравномерной нагрузки (мощности) на изменение соответствующих норм качества электрической энергии в электросетях общего назначения.

Особенность электрических сетей сельскохозяйственного назначения заключается в большой рассредоточенности потребителей ЭЭ, значительной протяженности сетей 10(6) и 0,4 кВ, в малых величинах потребления в каждом узле.

Так как к трансформаторам трансформаторных подстанций (ТП) подключают множество потребителей, в том числе однофазных, то в каждый случайный момент времени можно ожидать, что нагрузки в различных фазах будут различны.

Причем если даже однофазные нагрузки по величине одинаковы, то их включение под нагрузку или отключение не может происходить синхронно.

Поскольку магистральная сеть всегда трехфазная, а обеспечить одинаковую нагрузку во всех трех фазах практически невозможно, то напряжение по фазам никогда не будет одинаковым. Выполнение трехфазного ввода не поможет изменить ситуацию к лучшему – ведь кроме вас в этой сети еще очень много разных потребителей. Кроме того необходимо учитывать, что уровень несимметрии напряжений на шинах 0,4 кВ потребительских ТП 10/0,4 кВ и в узлах распределённой нагрузки в значительной степени зависит от степени несимметрии напряжений на стороне высокого напряжения источника питания.

Кроме того определение наиболее загруженной фазы от однофазных электроприемников в ряде случаев вызывает затруднение тем, что эти приемники могут быть включены как на фазное, так и на линейное напряжения

#### **Литература:**

1. Дед А.В., Бирюков С.В., Паршукова А.В. Оценка дополнительных потерь мощности в электрических сетях 0,38 кВ на основе экспериментальных данных // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 11–3. – С. 64–67.
2. ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»

#### **Literature:**

1. Ded A.V., Biryukov S.V., Parshukova A.V. Assessment of additional power losses in 0,38 kV electrical networks based on experimental data // Advances in Modern Natural Science. – 2014. – № 11–3. – P. 64–67.
2. GOST 32144-2013 «Electrical Energy. Compatibility of technical means electromagnetic. Quality standards of electric energy in power supply systems of general purpose».

*Научное издание*

# REFERATOTECH

**Материалы  
II Международной научно-практической конференции**

**(23 октября 2021 г.)**

**Сборник статей**

**Статьи публикуются в авторской редакции**

Технический редактор – А.С. Семенов  
Компьютерная верстка – М.Н. Гусева  
Дизайн обложки – О.Я. Фоменко

Подписано в печать 23.03.2022

Бумага «Снегурочка»

Печ. л. 17,8

Усл. печ. л. 16,5

Уч.-изд. л. 14,9

Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>

Печать трафаретная

Изд. № 1231

Тираж 50 экз.

Заказ № 2343

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](mailto:id.yug2016@gmail.com) Сайт: <http://id-yug.com>