

БУЛАТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

Материалы V Международной
научно-практической конференции
(31 марта 2021 г.)



*Памяти доктора технических наук, профессора,
Заслуженного деятеля науки и техники РФ,
Заслуженного изобретателя РФ,
академика Международной и Российской инженерных академий,
Анатолия Ивановича Булатова
посвящается*

БУЛАТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

**Материалы V Международной
научно-практической конференции
(31 марта 2021 г.)**

**Зарегистрировано в Национальном агентстве ISSN
Российской Федерации 27.07.2017**

ISSN 2587-8913

В 2 ТОМАХ

ТОМ 2

Сборник статей

Краснодар
2021

READINGS OF A.I. BULATOV

Materials of V International
scientific and practical conference
(on March 31, 2021)



*Dedicated in memories of Doctor of Technical Sciences, professor,
Honored worker of science and technology of the Russian Federation,
Honored inventor of the Russian Federation,
Academician of the International and Russian
engineering academies,
Anatoly Ivanovich Bulatov*

READINGS OF A.I. BULATOV

**Materials of V International
scientific and practical conference
(on March 31, 2021)**

**It is registered in the National agency ISSN of
the Russian Federation 07.27.2017**

ISSN 2587-8913

IN 2 VOL.

VOLUME 2

Conference bulletin

Krasnodar
2021

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР ----- EDITOR-IN-CHIEF

САВЕНОК Ольга Вадимовна

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений и подземной гидромеханики ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет»

SAVENOK Olga Vadimovna

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Development and Exploitation of Oil and Gas Fields and Underground Hydromechanics of FGBOU VO «Ukhta State Technical University»

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА: ----- DEPUTY CHIEF EDITOR:

ПАРИНОВА Татьяна Анатольевна

старший преподаватель кафедры русского языка ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет».

PARINOVA Tatyana Anatolyevna

Senior Lecturer of department of Russian Language FGBOU VO «Kuban state technological university».

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ: ----- EDITORIAL COUNCIL:

АГЗАМОВ Фарит Акрамович

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», член Российской Академии Естественных Наук (РАЕН), член Академии горных наук, член диссертационного совета Д 212.289.04 на базе ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», член диссертационного совета Д 222.018.01 на базе Татарского научно-исследовательского и проектного института нефти имени В.Д. Шашина (ПАО «Татнефть»), Заслуженный деятель науки Российской Федерации, Заслуженный деятель науки Республики Башкортостан.

AGZAMOV Farit Akramovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of «Drilling of Oil and Gas Wells» department FGBOU VO «Ufa state oil technical university», Member of the Russian Academy of Natural Sciences (Russian Academy of Natural Sciences), Member of Academy of mountain sciences, Member of dissertation council D 212.289.04 on the basis of FGBOU VO «The Ufa state oil technical university», Member of dissertation council D 222.018.01 on the basis of the Tatar research and design institute of oil of V.D. Shashin (PJSC «Tatneft»), Honored worker of science of the Russian Federation, Honored worker of science of the Republic of Bashkortostan.

БЕКЕТОВ Сергей Борисович

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Почётный работник науки и техники РФ, Почётный работник газовой промышленности, Почётный работник топлив-

но-энергетического комплекса, Почётный работник науки и техники Российской Федерации, Патриарший знак св. великомученицы Варвары.

BEKETOV Sergey Borisovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of department of geophysical methods of search and investigation of the mineral deposits FGAOU VO «North Caucasian federal university», Honorary worker of science and technology of the Russian Federation, Honorary worker of the gas industry, Honorary worker of fuel and energy complex, Honorary worker of science and technology of the Russian Federation, Patriarchal sign of the Saint great martyr Varvara.

ГОЛЬЧИКОВА Надежда Николаевна

доктор геолого-минералогических наук, доцент, заведующая кафедрой геологии нефти и газа ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», член-корреспондент РАЕН, член УМО по прикладной геологии специальности «Геология нефти и газа», член Русского географического общества.

GOLCHIKOVA Nadezhda Nikolaevna

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Associate professor, Head of geology of oil and gas department FGBOU VO «Astrakhan state technical university», Corresponding member of the Russian Academy of Natural Sciences, Member of UMO on applied geology of specialty «Geology of Oil and Gas», Member of the Russian Geographical Society.

МУХАМЕДГАЛИЕВ Бахтиёр Абдукадирович

доктор химических наук, профессор, профессор кафедры «Строительные материалы и химия» Ташкентского архитектурно-строительного института, профессор Университета КЕИО (Иокогама, Япония), региональный эксперт ООН по Центрально-Азиатскому региону по вопросам охраны окружающей среды и экологии, региональный эксперт международной научно-технической программы «Global Environment System Leaders» (Japan) по странам Юго-Восточной и Центральной Азии, учёный секретарь экспертной комиссии ВАК Республики Узбекистан по естественным наукам, эксперт Госкомитета Республики Узбекистан по науке и инновационным технологиям, почётный профессор Каракалпакского государственного университета имени Бердак.

MUKHAMEDGALIYEV Bakhtiyor Abdukadirovich

Doctor of Chemical Sciences, Professor, Professor of «Construction Materials and Chemistry» department of Tashkent architectural and construction institute, Professor of the KEIO University (Yokohama, Japan), Regional Expert of the UN in the Central Asian region in environmental protection and ecology, Regional Expert of the international scientific and technical program «Global Environment System Leaders» (Japan) in the countries of Southeast and Central Asia, Scientific Secretary of commission of experts of VAK of the Republic of Uzbekistan in natural sciences, Expert of the State Committee of the Republic Uzbekistan in science and innovative technologies, Honorary professor of the Karakalpak state university named after Berdak.

МУХАМЕТШИН Рустам Закиевич

доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры геологии нефти и газа имени академика А.А. Трофимука Казанского (Приволжского) федерального университета и кафедры литологии и геологии горючих ископаемых Уральского государственного горного университета, член-корреспондент Российской Академии Естественных Наук (РАЕН) (2015), член Экспертной комиссии по проблемам нефти и газа ВАК Минобрнауки РФ, член Общества экспертов России по недропользованию (ОЭРН).

MUKHAMETSHIN Rustam Zakiyevich

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Professor of the Trofimuk Department of Oil and Gas Geology, Kazan (Volga Region) Federal University and the Department of Lithology and Geology of Combustible Minerals, Ural State Mining University, corresponding member of the Russian Academy of Natural Sciences (RAEN) (2015), member of the Expert Commission on Oil and Gas Problems of the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, member of the Russian Society of Experts on Subsoil Use (RSESU).

СИМОНЯНЦ Сергей Липаритович

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры бурения нефтяных и газовых скважин РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, действительный член (академик) Российской академии естественных наук (РАЕН), действительный член академии технологических наук РФ, член диссертационного совета Д 212.200.15 на базе Российского государственного университета (национальный исследовательский университет) нефти и газа имени И.М. Губкина, член Экспертного совета по проблемам нефти и газа ВАК при Минобрнауки России, Лауреат премии имени академика И.М. Губкина (1989), Почётный нефтяник (1998), Почётный работник топливно-энергетического комплекса (2000), Почётная серебряная медаль В.И. Вернадского, РАЕН (2010), награждён медалью «В память 850-летия Москвы» (1997), член редакционных советов научно-технических журналов «Вестник Ассоциации буровых подрядчиков» и «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море».

SIMONYANTS Sergey Liparitovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department of drilling of oil and gas wells of RGU of oil and gas named after I.M. Gubkin, Full Member (Academician) of the Russian Academy of Natural Sciences (RANS), Full Member of Academy of Technological Sciences of the Russian Federation, Member of dissertation council D 212.200.15 on the basis of the Russian state university (the national research university) of oil and gas of I.M. Gubkin, Member of Advisory Council on problems of oil and gas of VAK at the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Winner of an Award of a named after academician I.M. Gubkina (1989), Honourable Oil Industry Worker (1998), Honorary Worker of fuel and energy complex (2000), Honourable Silver Medal of V.I. Vernadsky, Russian Academy of Natural Sciences (2010), Awarded with a medal «In Commemoration of the 850th Anniversary of Moscow» (1997), Member of editorial councils of the scientific and technical magazines «Bulletin of Association of drilling contractors» and «Construction of oil and gas wells by land and by sea».

СОЛОВЬЁВА Валентина Николаевна

кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Заслуженный работник нефтяной и газовой промышленности РФ.

SOLOVYYOVA Valentina Nikolaevna

Candidate of Technical Sciences, Senior Research Associate, Honoured Worker of the oil and gas industry of the Russian Federation.

ТРЕТЬЯК Александр Яковлевич

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Нефтегазовые техника и технологии» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», академик РАЕН, председатель диссертационного совета Д 212.304.07 при ФГБОУ ВО «ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова», Почётный разведчик недр, Почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, награждён орденом Российской академии естественных наук «За пользу Отечеству» имени В.Н. Татищева, награждён медалью «За заслуги перед университетом», Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, присвоено почётное звание «Заслуженный профессор ЮРГТУ (НПИ)».

TRETIAK Alexander Yakovlevich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department «Oil and gas equipment and technologies» FGBOU VO «The southern Russian state polytechnical university (NPI) of M.I. Platov», Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Chairman of dissertation council D 212.304.07 at FGBOU VO «YURGPU (NPI) of M.I. Platov», Honourable prospector of subsoil, Honorary Worker of higher education of the Russian Federation, Awarded the order the Russian academy of natural sciences «For advantage to the Fatherland» named after V.N. Tatishchev, Honoured worker of the higher school of the Russian Federation, Awarded with the medal «For Merits before the University», Honorary title «Honored professor of YURGTU (NPI)».

ХИЖНЯК Григорий Петрович

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Нефтегазовые технологии» ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

HIZHNYAK Grigory Petrovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department «Oil and gas technologies» FGBOU VO «Perm National Research Polytechnical University».

ЯРЕМИЙЧУК Роман Семёнович

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры бурения нефтяных и газовых скважин Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа, Заслуженный деятель науки УССР, Лауреат Государственной премии в области науки Украины, награждён орденом «За заслуги» 3-ей степени, действительный член Научного общества имени Шевченко, академик Украинской нефтегазовой академии, Иностраный член Российской академии естественных наук имени В. Вернадского, награждён серебряной медалью имени Вернадского.

YAREMIYCHUK Roman Semyonovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department of drilling of oil and gas wells of the Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas, Honored Worker of Science of USSR, Winner of the State Award in the field of science of Ukraine, Awarded the order «For Merits» of the 3-rd degree, Full Member of Scientific Organization of Shevchenko, Academician of the Ukrainian oil and gas Academy, Foreign Member of the Russian Academy of Natural Sciences of V. Vernadsky, Awarded with a silver medal named after Vernadsky.

Доктор Джошуа Лелези Конне

доктор химии материалов, Бристоль, Великобритания, старший лектор, отдел химии, отделение естественных наук, государственный университет рек, Порт-Харкорт, Нигерия.

Dr. Joshua Lelesi Konne

PhD Materials Chemistry, Bristol, UK, Senior Lecturer, Chemistry Department, Faculty of Science, Rivers State University, Port Harcourt, Nigeria.



ОГЛАВЛЕНИЕ

TABLE OF CONTENTS

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТА
И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ, ГАЗА И ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ**

**MODERN TECHNOLOGIES FOR TRANSPORTATION AND
STORAGE OF OIL, GAS AND REFINED PRODUCTS**

Гильмияров Е.А. Воздействие склоновых процессов на нефтегазопроводы	19
Gilmiyarov E.A. Impact of slope processes on oil and gas pipelines	
Гильмияров Е.А. Особенности применения мер по защите трубопроводов от склоновых процессов	21
Gilmiyarov E.A. Features of application of measures to protect pipelines from slope processes	
Ливинцев П.Н., Вержбицкий В.В., Гунькина Т.А., Вержбицкая В.В., Хандзель А.В. Некоторые особенности взаимного вытеснения флюидов в подземном хранилище газа	23
Livintsev P.N., Verzhbitsky V.V., Gunkina T.A., Verzhbitskaya V.V., Handzel A.V. Some features of mutual fluid displacement in underground gas storage	
Поварова Л.В., Косова Д.А., Самарин М.А. Коррозионный мониторинг морских трубопроводов	26
Povarova L.V., Kosova D.A., Samarin M.A. Corrosion monitoring of marine pipelines	
Поварова Л.В., Самарин М.А., Тараник Р.А. Причины коррозии нефтепромысловых трубопроводов и способы их защиты	32
Povarova L.V., Samarin M.A., Taranik R.A. Causes of corrosion of oilfield pipelines and methods of their protection	
Прачев Ю.Н., Гунькина Т.А., Шестерень А.О., Дитрих А.В., Коломийцев А.В. Применение электрического стартера для запуска газоперекачивающих агрегатов	40
Prachev Yu.N., Gunkina T.A., Shesteren A.O., Dietrich A.V., Kolomiitsev A.V. The use of an electric starter to start gas pumping units	
Сторожева М.Е., Сторожева А.Е. Технические решения при прокладке магистральных трубопроводов по территории острова Сахалин	45
Storozheva M.E., Storozheva A.E. Technical solutions for laying main pipelines on the territory of Sakhalin Island	

**ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ
В НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY
IN THE OIL AND GAS INDUSTRY**

Андрейко Н.Г., Захарченко Е.И., Захарченко Ю.И. Снижение экологических рисков при сжигании жидкого топлива	51
Andreyko N.G., Zakharchenko E.I., Zakharchenko Yu.I. Reducing environmental risks when burning liquid fuel	
Ахметзанова Р.Н., Емельянычева Е.А., Абдуллин А.И. Совершенствование работы нефтегазовых сепараторов	54
Akhmetzanova R.N., Emelyanycheva E.A., Abdullin A.I. Improving the operation of oil and gas separators	



Балаба В.И., Зинченко О.Д., Светличная Т.В. Экологическое сопровождение производства буровых работ в Арктике	59
Balaba V.I., Zinchenko O.D., Svetlichnaya T.V. Environmental support of production drilling operations in the Arctic	
Балаба В.И., Гречищева Н.Ю., Зинченко О.Д. К вопросу об информационно-технических справочниках наилучших доступных технологий	61
Balaba V.I., Grechischeva N.Yu., Zinchenko O.D. Regarding question of information and technical directions for the most available technologies	
Вычегжанина Е.В., Литвинова Т.А. Особенности выбора аппаратов магнитной обработки	64
Vychezhanina E.V., Litvinova T.A. Features of the choice of magnetic processing devices	
Докучаев И.С., Максимов Н.М., Тыщенко В.А. Роль отработанного промышленного катализатора гидроочистки и донора водовода в процессе термического крекинга углеводородов тяжелого нефтяного сырья	67
Dokuchaev I.S., Maksimov N.M., Tyschenko V.A. Role of spent industrial hydrotreating catalyst and water donor in thermal cracking of hydrocarbons from heavy crude oil	
Захаров М.М., Малофеева У.Н., Спивак С.В., Гончарова В.Д., Литвинова Т.А. Повышение экологической компетентности у специалистов нефтегазовой отрасли	71
Zakharov M.M., Malofeeva U.N., Spivak S.V., Goncharova V.D., Litvinova T.A. Improving the environmental competence of oil and gas industry specialists	
Зурнина А.А., Максимов Н.М., Тыщенко В.А. Исследование влияния предварительной термической обработки катализатора природного происхождения на результаты процесса крекинга тяжёлого нефтяного сырья	74
Zurnina A.A., Maksimov N.M., Tyschenko V.A. Study of the influence of thermal pre-treatment of a natural catalyst on the results of the cracking process of heavy oil feedstock	
Ковалева Е.Б., Дьячкова С.Г., Ганина А.А., Олейник Д.А. Автомобильный бензин высокооктановый	80
Kovaleva E.B., Diachkova S.G., Ganina A.A., Oleinik D.A. High-octane automotive gasoline	
Меликов Э.А., Магеррамова Т.М. Принципы оптимизации процесса полимеризации этилена под высоким давлением	82
Melikov E.A., Magerramova T.M. Principles of optimizing ethylene polymerization process high pressure	
Меликов Э.А., Магеррамова Т.М. Задача оптимального управления процессом получения полиэтилена	85
Melikov E.A., Magerramova T.M. The optimal management problem for the process of obtaining polyethylene	
Мурадханлы В.Г. Некоторые аспекты применения природных глин	89
Muradhanly V.G. Some aspects of use of natural clays	
Рубан И.С., Лони́на Н.Г. Обеспечение качества производства химической продукции для нефтедобычи на ООО «Новомосковский хлор»	92
Ruban I.S., Lonina N.G. Quality assurance of chemical production for oil and gas production at Novomoskovskij hlor LLC	
Руденко А.С., Литвинова Т.А. Перспективные технологии совершенствования процесса гидроизомеризации дизельных топлив	95
Rudenko A.S., Litvinova T.A. Advanced technologies for improving the process of hydroisomerization of diesel fuels	
Садретдинов И.Ф., Васильева С.В. Совершенствование технологии производства аммиака	98
Sadretdinov I.F., Vasilyeva S.V. Improving the technology of ammonia production	



Садретдинов И.Ф., Султанбекова И.А. Основные проблемы водооборотных систем охлаждения с замкнутым контуром и пути их решения	101
Sadretdinov I.F., Sultanbekova I.A. The main problems of closed-loop water circulation cooling systems and ways to solve them	
Салахов И.И., Амансарыев А.Б., Петров С.М. Переработка сверхтяжелой нефти в присутствии алюмосиликатов	104
Salakhov I.I., Amansaryev A.B., Petrov S.M. Upgrading of extra heavy oil in the presence of aluminosilicates	
Сарсенбеков Н.Д., Барлыбаева Л.М., Досмухамбетов А.Д. Фингерпринтинг нефти при разработке морских проектов	113
Sarsenbekov N.D., Barlybaeva L.M., Dosmukhambetov A.D. Oil fingerprinting in the development of offshore projects	
Струева В.А., Литвинова Т.А. Промотирование катализатора риформинга для снижения количества образующихся загрязняющих веществ при регенерации катализатора	121
Strueva V.A., Litvinova T.A. Promoting of a reforming catalyst to reduce the amount of pollutants generated during catalyst regeneration	
Хуснутдинов Л.З. Очистка масленефтесодержащей воды и сброс её в море как способ утилизации балластной воды на ледостойкой стационарной нефтегазодобывающей платформе	124
Khusnutdinov L.Z. Purification of oil-containing water and its discharge into the sea as a method of disposal of ballast water on an ice-resistant stationary oil and gas production platform	
Шершнева В.А., Литвинова Т.А. Перспективные технологии очистки нефтепродуктов от серы с применением электромагнитных полей	126
Shershneva V.A., Litvinova T.A. Advanced technologies for the purification of petroleum products from sulfur using electromagnetic fields	

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS

Галлямов И.И., Юсупова Л.Ф. Результаты магнитометрической съемки внутрипромысловых трубопроводов	131
Galliamov I.I., Yusupova L.F. Results of magnetometric survey of in-field pipelines	
Гололобов Д.В., Новиков О.А. Формирование информации строки описания технологической оснастки для механической обработки в технологической карте	136
Gololobov D.V., Novikov O.A. Formation of the information of the line of the description of the technological equipment for mechanical processing in the technological map	
Деркач Н.Д., Перельман О.М., Пестренин В.М., Пестренина И.В., Фадейкин А.С. Численный анализ ударного взаимодействия конструктивных элементов бурильного инструмента со стенками горизонтального участка скважины	141
Derkach N.D., Perelman O.M., Pestrenin V.M., Pestrenina I.V., Fadeikin A.S. Numerical analysis of impact interaction of drilling tool structural elements with the walls of the horizontal section of the borehole	
Думанский И.О., Думанский А.И. Методика силового расчёта универсальных пластинчатых металлических виброизоляторов, эксплуатируемых при динамических нагрузках в условиях Крайнего Севера и Арктики	147
Dumansky I.O., Dumansky A.I. Method of force calculation of universal plate metal vibration isolators operated under dynamic loads in the Far North and the Arctic	



Иванов С.Е. Цифровые подстанции. Развитие и опыт реализации	152
Ivanov S.E. Digital substations. Development and implementation experience	
Карандей В.Ю. Определение минимизирующей точки метода геометрического программирования для оптимизации специальных электрических приводов	155
Karandei V.Yu. Determination of minimizing point of geometric programming method for optimization of special electric drives	
Козловская А.Д., Статова Е.В. Eye Tracking: история развития, область применения, разновидности и будущее технологии	158
Козловская А.Д., Статова Е.В. Eye Tracking: history of development, applications, variations and future of technology	
Кхамис М.А., Алдулаими Х.К. Оборудование для добычи газа в Египте	162
Khamis M.A., Aldulaimi H.K. Equipment for gas production in Egypt	
Литовских Д.Л., Чуракова С.К. Исследование гидродинамических и массообменных характеристик клапанных тарелок на лабораторном стенде с использованием CFD анализа	167
Litovskikh D.L., Churakova S.K. Study of hydrodynamic and mass transfer characteristics of valve trays on a laboratory bench using CFD analysis	
Ляшенко А.М., Афанасьев В.Л., Махинько В.С. Современные методы и решения по утилизации лопастей ветроэлектрических установок	171
Lyashenko A.M., Afanasiev V.L., Makhinko V.S. Modern methods and solutions for utilization of windmill blades	
Махинько В.С., Коваль А.Н., Ляшенко А.М. Проблемы утилизации солнечных панелей	174
Makhinko V.S., Koval A.N., Lyashenko A.M. Problems of recycling solar panels	
Мещеряков В.Н., Марков А.С. Минимизация пульсаций крутящего момента в вентильно-индукторном приводе	178
Meshcheryakov V.N., Markov A.S. Minimization of torque ripples in the switched reluctance motor	
Михеев Р.С., Калашников И.Е., Быков П.А., Кобелева Л.И. Перспективные антифрикционные покрытия из композиционных материалов на основе сплава системы Sn-Sb-Cu для узлов трения оборудования нефтегазовой отрасли	182
Mikheev R.S., Kalashnikov I.E., Bykov P.A., Kobeleva L.I. Promising antifriction coatings made of composite materials based on the Sn-Sb-Cu alloy system for friction units of oil and gas industry equipment	
Мозговой Г.С., Южев Н.Д. Разработка мероприятий по предотвращению осложнений при спуске обсадных колонн	184
Mozgovoy G.S., Yuzhev N.D. Development of measures to prevent complications when running casing strings	
Новиков О.А., Гололобов Д.В. Инструментальные средства модуля генерации строк технологической документации	188
Gololobov D.V., Novikov O.A. Tools of the module for generating lines of technological documentation	
Су-И-Нао, Фурсов А.Ю., Григулецкий В.Г. Методика расчёта устойчивости опорных стоек блоков морских стационарных платформ при совместном действии осевых сил и скручивающих моментов от циклической циркуляции ветра и волн	193
Su-I-Nao, Fursov A.Yu., Griguletsky V.G. Methodology for calculating the stability of the support legs of fixed offshore platform blocks under the combined action of axial forces and torsion moments from the cyclic circulation of wind and waves	



Царьков И.В., Мозговой Г.С., Шерер С.А.
 Факторы, вызывающие осложнения при эксплуатации оборудования нефтегазовой отрасли, а также способы борьбы с ними 204
Tsarkov I.V., Mozgovoy G.S., Sherer S.A.
 Factors that cause complications in the operation of oil and gas equipment and ways to deal with them

Якубов С.И., Мирзаев А.Ж., Адылов Д.К., Махсудова З.И., Черниченко Н.И.
 Ресурсы глауконитосодержащих песчаников Узбекистана: месторождения «Чанги» 207
Yakubov S.I., Mirzaev A.J., Adylov D.K., Makhsudova Z.I., Chernichenko N.I.
 Resources of glauconite-containing rocks of uzbekistan: the «Changi» deposit

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

ELECTRICAL EQUIPMENT IN OIL AND GAS INDUSTRY

Асташов М.А., Черкасский П.А., Ивашкин И.И., Умрихин Д.О.
 Определение расчетной мощности для гибридной электрической машины генератора на основе критерия допустимых электромагнитных нагрузок 213
Astashov M.A., Cherkassky P.A., Ivashkin I.I., Umrihin D.O.
 Determination of the design power for a hybrid electric machine of the generator based on the criterion of permissible electromagnetic loads

Ивашкин И.И., Кривченков В.И., Попова С.В., Радивоевич А.В.
 Анализ и перспективы использования альтернативных источников энергии в нефтегазовом комплексе 216
Ivashkin I.I., Krivchenkov V.I., Popova S.V., Radivojevich A.V.
 Analysis and prospects for the use of alternative energy sources in the oil and gas complex

Кашин Я.М., Ким В.А., Мараховский Е.А., Колбасин С.И.
 Математическая модель двигателя совмещенной конструкции 218
Kashin Ya.M., Kim V.A., Marakhovsky E.A., Kolbasin S.I.
 Mathematical model of the engine of the combined design

Николаев С.А., Рябишина Л.А.
 Устройство трехфазного статического компенсатора реактивной мощности 221
Nikolaev S.A., Ryabishina L.A.
 Device of three-phase static reactive power compensator

Прохоренко Н.Я.
 Проблемы электроприводов с упругим валопроводом 224
Prokhorenko N.Ya.
 Problems of electric drives with elastic shaft

Самородов А.В., Ким В.А., Мараховский Е.А., Колбасин С.И., Вершняк А.В.
 Характеристики двигателя совмещенной конструкции центробежного сепаратора 227
Samorodov A.V., Kim V.A., Marakhovsky E.A., Kolbasin S.I., Vershnyak A.V.
 Engine features of combined centrifugal separator design

Умрихин Д.О., Асташов М.А., Черкасский П.А., Ивашкин И.И.
 Возобновляемые источники электроэнергии для питания устройств защитной арматуры 231
Umrihin D.O., Astashov M.A., Cherkassky P.A., Ivashkin I.I.
 Renewable energy sources for power supply of protective armature devices

Черкасский П.А., Климентьев С.В., Асташов М.А., Умрихин Д.О.
 Повышение эффективности системы электроснабжения линейных потребителей нефте- газопроводов 234
Cherkassky P.A., Klimentiev S.V., Astashov M.A., Umrihin D.O.
 Increasing the efficiency of the power supply system of linear consumers of oil and gas pipelines



ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

HUMANITIES

ИСТОРИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ HISTORY OF THE OIL AND GAS INDUSTRY

Касьянова И.В.

Жизнь Карла Боша: между молотом политики А. Гитлера и наковальной экономических интересов концерна «И.Г. Фарбениндустри» 241

Kasyanova I.V.

The Life of Karl Bosch: Between the Hammer of A. Hitler's Politics and the Hard Place of the Concern's Economic Interests of the concern «I.G. Farbenindustri»

ОХРАНА ТРУДА LABOUR PROTECTION

Поварова Л.В., Самарин М.А., Тараник Р.А.

Охрана труда в нефтегазовой промышленности на буровых установках в условиях крайнего севера 245

Povarova L.V., Samarin M.A., Taranik R.A.

Labor protection in the oil and gas industry at drilling rigs in the conditions of the hard north

Энговатова В.В., Масляева Г.Н., Дейкун Г.И., Морозов В.В.

Носимый аварийный запас, как средство обеспечения безопасности лётного состава 253

Engovatova V.V., Maslyaeva G.N., Deikun G.I., Morozov V.V.

Wearable emergency stock, as a means of ensuring the safety of flight personnel

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ PEDAGOGICAL SCIENCES

Балаба В.И.

О целесообразности изменения структуры высшего нефтегазового образования 258

Balaba V.I.

Desirability in the change of structure of higher oil and gas education

Виноградова Е.Е.

Особенности планирования занятий по иностранному языку с использованием технологии CLIL в неязыковом вузе 260

Vinogradova E.E.

Peculiarities of CLIL foreign language lessons planning in a non-linguistic University

Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В.

Разработка методов повышения качества культуры образования на основе синтеза знаний 263

Kolesnikov V.P., Ensis E.I., Terekhov V.V.

Development of methods for improving the quality of the culture of education based on the synthesis of knowledge

Корж Е.Н., Яковishин Л.А., Савченко Е.В.

Особенности методики преподавания коррозии металлов по курсу «Химия» 269

Korzh E.N., Yakovishin L.A., Savchenko E.V.

Features of the methodology for teaching corrosion of metals in the course «Chemistry»

Кузнецов А.С., Корнюшко В.Ф.

Имитационные модели как средства дополнительного профессионального обучения и современной информационной поддержки операторов химиков-технологов 271

Kuznetsov A.S., Kornyushko V.F.

Simulation models as a means of additional professional training and modern information support for chemical engineering operators

Миклина О.А., Корохонько О.М.

Применение дидактического синквейна для изучения профессиональной терминологии вводной дисциплины нефтегазовой тематики 275

Miklina O.A., Korokhonko O.M.

Application of didactic cinquain for studying professional terminology of the introductory discipline of oil and gas thematics



Пыжьянов Ю.Б. Нормирование информации при подготовке учебных заданий	277
Ryzyanov Yu.B. Regulation of information during the preparation of learning tasks	
Савченко Е.В., Яковишин Л.А., Корж Е.Н. Использование разноуровневых задач при изучении курса общей физики высшей школе	281
Savchenko E.V., Yakovishin L.A., Korzh E.N. The use of multilevel problems in the study of the course of general physics in higher education	
Яковишин Л.А., Корж Е.Н., Савченко Е.В. Опорные схемы при проведении лабораторных занятий по химической кинетике	283
Yakovishin L.A., Korzh E.N., Savchenko E.V. Support schemes for laboratory studies of chemical kinetics	
ЭКОНОМИКА	ECONOMICS
Гасумов Э.Р. Перспективы развитие газовой отрасли Азербайджана	286
Gasumov E.R. Prospects for the development of the gas industry in Azerbaijan	
Глазкова И.Н., Биктимирова А.Р. Концепция внедрения бережливого производства как фактор повышения конкурентоспособности предприятия	292
Glazkova I.N., Biktimirova A.R. The concept of introducing lean manufacturing as a factor in increasing the competitiveness of an enterprise	
Глазкова И.Н., Пахардымова О.С. Концепция процессного подхода в управлении производственной системой	294
Glazkova I.N., Pakhardymova O.S. The concept of the process approach in the management of the production system	
Гончарова Н.А., Хусейн А.Х. К вопросу об инвестировании средств физических лиц в нефтедобывающую отрасль	297
Goncharova N.A., Hussein A.H. On the issue of investing funds of individuals in the oil industry	
Гончарова Н.А., Лебедев С.П. Динамика экспорта топливно-энергетических ресурсов и развитие экономики Российской Федерации на современном этапе	300
Goncharova N.A., Lebedev S.P. Dynamics of export of fuel and energy resources and development of the economy of the Russian Federation at the present stage	
Давлетов Р.И., Пантелюк Р.А. Анализ повышения экономической эффективности процесса бурения в ПАО «НК «ЛУКОЙЛ»	303
Davletov R.I., Panteluk R.A. Analysis of improving the economic efficiency of the drilling process in PJSC «NK «LUKOIL»	
Давлетов Р.И., Пантелюк Р.А. Экономическая модель оценки эффективности инвестиционных проектов по применению новых технологий бурения скважин в нефтедобывающих компаниях	307
Davletov R.I., Panteluk R.A. Economic model for evaluating the effectiveness of investment projects for the application of new technologies for drilling wells in oil producing companies	
Кузовлева Н.Ф., Прокофьева Л.М. Сделки по слиянию-поглощению компаний минерально-сырьевого комплекса: оценка эффективности и проблемы экономической безопасности	310
Kuzovleva N.F., Prokofieva L.M. Mergers and acquisitions of mineral resources companies: efficiency assessment and economic security issues	



Новикова С.А., Власова М.А. Усовершенствование маркетинговой стратегии для предприятий минерально-сырьевого комплекса	314
Novikova S.A., Vlasova M.A. Improvement of marketing strategy for mineral complex enterprises	

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ,
ГАЗА И ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ**

**MODERN TECHNOLOGIES
FOR TRANSPORTATION AND STORAGE
OF OIL, GAS AND REFINED PRODUCTS**



УДК 622.692.4

ВОЗДЕЙСТВИЕ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА НЕФТЕГАЗОПРОВОДЫ

IMPACT OF SLOPE PROCESSES ON OIL AND GAS PIPELINES

Гильмияров Евгений Адикович

аспирант

кафедры транспорта углеводородных ресурсов,
Тюменский индустриальный университет

egilmiyarov@list.ru

Gilmiyarov Evgeniy Adikovich

Post-Graduate Student,

Hydrocarbons Transportation Chair,

Tyumen Industrial University

egilmiyarov@list.ru

Аннотация. В ходе данной работы был проведен анализ потенциального воздействия на трубопроводы склоновых процессов: оползней, селей, обвалов. Для каждого процесса были выделены характерные особенности. В результате был сделан вывод о факторах, которые необходимо учитывать при рассмотрении воздействия склоновых процессов на трубопроводы.

Annotation. In the course of this work, an analysis of the potential impact on the pipelines of slope processes: landslides, mudflows, avalanches was carried out. Characteristic features were identified for each process. As a result, a conclusion was made about the factors that must be taken into account when considering the impact of slope processes on pipelines.

Ключевые слова: трубопровод, склоновые процессы, сели.

Keywords: pipelines, slope processes, mudflows.

Участки магистральных нефтегазопроводов, проходящие в горных условиях, являются одними из самых сложных с точки зрения сооружения, технического обслуживания и ремонта. По этой причине к данным участкам трубопроводов предъявляются повышенные требования по надежности, выполнение которых невозможно без учета специфичных для рассматриваемых инженерно-геологических условий природных явлений и геологических процессов, в частности т.н. склоновых процессов. К склоновым процессам, происходящим в зоне прохождения трубопроводов, относятся сели, оползни и обвалы.

Целью настоящей работы является анализ характера воздействия склоновых процессов на нефтегазопроводы, проходящих в зоне их возможного возникновения.

Под оползнем понимается сход рыхлых масс горных пород, происходящий вследствие разнообразных причин, в частности, при ослаблении массива горных пород или увлажнении нижележащих слоев грунта. Особенно активно оползни возникают при наличии крутых склонов, глинистых пород и источников регулярного увлажнения грунта – тающих ледниковых, высоких подземных вод, частых осадков. Опасность данного явления для трубопроводов и прочих коммуникаций заключается в том, что по мере движения тело оползня может увлекать за собой верхние слои грунта или выдавливать перед собой слабые слои грунта. Таким образом, нефтегазопроводы, оказавшиеся в зоне схождения оползня, могут быть подвержены таким нагрузкам и воздействиям, как: нагрузки от сдвигающихся слоев грунта; нагрузки в трубе, возникшие при образовании провисов; давление отдельных валунов, переносимых телом оползня. [1]

Селевой поток – это поток, состоящий из смеси минеральных частиц и воды и дополнительно переносящий обломки горных пород, деревья и прочие крупные объекты. Большие местные скорости потока, достигающие 15 м / с, а также меньшая плотность потока, обуславливают более выраженный, чем при сходе оползня, процесс выплывания грунта валунами и обломками [2]. При небольшой относительно зоны воздействия сели глубине заложения трубопровода может произойти повреждение изоляции и самой стенки трубопровода вплоть до разрыва.

Обвалом называют обрушение блоков горных пород и их быстрое движение по склону под действием силы тяжести. Обвалу предшествует возникновение в толще пород множественных трещин, связанных с температурными напряжениями, воздействием сил тяжести, тектонических процессов и прочих воздействий [3]. В дальнейшем отрывы блоков горных пород происходят по образовавшимся трещинам. В отличие от предыдущих процессов, основную опасность для горных трубопроводов в случае обвала представляет ударное воздействие крупных обломков горных пород. К способам защиты трубопроводов, проложенных в зонах с возможностью возникновения обвалов, относятся применение защитных конструкций, сооружение насыпи и заглубление трубопровода. Однако при недостаточном заглублении нефтегазопроводов или отсутствии защитных конструкций, обвал может вызвать различные местные деформации трубопроводов – вмятины, овализацию и пр. В случае невер-



ного выбора защитных мероприятий, при обвалах существует риск сквозного повреждения стенки трубопровода в результате ударного контакта с острыми углами и кромками обрушившихся крупных обломков пород.

Таким образом, было установлено, что при учете воздействия склоновых процессов на горные нефтегазопроводы, например, при разработке защитных мероприятий, необходимо прогнозировать возникающие неравномерные деформации грунта и ответные деформации трубопроводов, включающие в себя как возможные деформации смещения в результате селевых и оползневых процессов, а также и ударный характер воздействия одиночных крупных обломков горных пород, имеющих место преимущественно при обвалах.

Литература:

1. Васильев М.И. Повышение устойчивости газопроводов на оползневых участках (на пример газопроводов ООО «Кубаньгазпром») : 25.00.19 : дис. ... канд. техн. наук ; Газпром ВНИИГАЗ. – М., 2003. – 110 с.
2. Михайлов В.О., Черноморец С.С. Математическое моделирование селей, обвалов и оползней. – М. : МГУ им. М.В. Ломоносова, 2011. – 131 с.
3. Попов Ю.В., Пустовит О.Е. Курс «Общая геология» // Раздел «Континентальные склоновые процессы и отложения» : учебное пособие. – М. : Директ-Медиа, 2016. – 48 с.

References:

1. Vasiliev M.I. Increase of gas pipelines stability in landslide areas (on the example of Kubangazprom gas pipelines) : 25.00.19 : Ph. Cand. of Technical Sciences ; Gazprom VNIIGAZ. – M., 2003. – 110 p.
2. Mikhailov V.O., Chernomorets S.S. Mathematical Modelling of Mudflows, Landslides and Landslides. – M. : Lomonosov Moscow State University, 2011. – 131 p.
3. Popov Yu.V., Pustovit O.E. Course «General Geology» // Chapter «Continental Slope Processes and Sediments». Text-book. – M. : Direct-Media, 2016. – 48 p.



УДК 622.692.4

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕР ПО ЗАЩИТЕ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ

FEATURES OF APPLICATION OF MEASURES TO PROTECT PIPELINES FROM SLOPE PROCESSES

Гильмияров Евгений Адикович

аспирант

кафедры транспорта углеводородных ресурсов,
Тюменский индустриальный университет
egilmiyarov@list.ru

Gilmiyarov Evgeniy Adikovich

Post-Graduate Student,
Hydrocarbons Transportation Chair,
Tyumen Industrial University
egilmiyarov@list.ru

Аннотация. В данной статье представлен анализ особенностей проектирования трубопроводов в горной местности в условиях присутствия оползневых процессов. Рассмотрены основные методы защиты трубопроводов от склоновых процессов. Обозначены направления совершенствования методов защиты горных трубопроводов.

Annotation. The article presents the analysis of the design features of pipelines in mountainous areas in the presence of landslide processes. The main methods of protecting pipelines from slope processes are considered. The directions of improving the methods of protection of mining pipelines are outlined.

Ключевые слова: трубопровод, склоновые процессы, методы защиты.

Keywords: pipelines, slope processes, protection methods.

Трубопроводы, проходящие в горной местности, могут попасть в зону воздействий различных опасных явлений: селей, лавин, склоновых процессов. Наиболее простым решением данной проблемы является проведение трассы трубопровода в обход потенциально опасного участка, что, однако, не всегда является возможным. В таких случаях встает необходимость разработки эффективной системы защиты трубопроводов.

Первым этапом борьбы с негативным влиянием склоновых процессов на трубопроводы является изучение потенциально опасного участка посредством проведения наблюдений и изысканий. В перечень проводимых работ входят: проведение аэросъемки или сбор снимков со спутников; установка реперов и марок; регулярное проведение геодезических наблюдений; изучение физико-механических свойств слагающих склон грунтов; проведение симуляций склоновых процессов с учетом рельефа местности и т.п. Данная система наблюдений и изысканий позволит не только прогнозировать развитие оползней и обвалов, но и даст возможность подобрать наиболее эффективные методы защиты инженерно-технических сооружений.

Укрупненно методы борьбы с влиянием склоновых процессов на трубопроводы можно поделить на общеприменительные и специализированные. Общеприменительные методы направлены на обеспечение устойчивости склонов или прекращение движения оползневых масс или крупных обломков горных пород и применяются для обеспечения безопасности различных объектов хозяйственной деятельности. Данные методы хорошо описаны в нормативно-технической документации [1] и научно-технической литературе. Специализированные методы учитывают особенности конструкции трубопроводов или специфику их взаимодействия со сходящими массами горных пород.

К общеприменительным методам, подходящим для защиты трубопроводов, можно отнести:

- переформирование рельефа склонового участка;
- различные методы снижения влажности грунта на участках потенциального схода оползней:

отвод поверхностных вод, понижение уровня подземных вод, предотвращение инфильтрации воды в нижележащие слои грунта и пр.;

- закрепление грунтов;
- применение удерживающих конструкций и сооружений;
- оборудование сооружений для улавливания или отвода сходящих грунтовых масс или обломков горных пород.

Поскольку многие вышеприведенные методы направлены на борьбу с различными факторами, обуславливающие сходжение масс горных пород, их применение должно быть основано, в первую очередь, на результатах наблюдения и исследования участка, потенциально подверженного склоновым процессам. В дальнейшем за основу выбора тех или иных методов должны приниматься такие факторы, как: объем необходимого закрепляемого массива, срок функционирования метода защиты и возможность поддержания его функционирования, техническую эффективность, экономическую эффективность, прогнозируемый объем сходящего массива (в случае разработки удерживающих соору-



жений) и пр. Так, для обоснования выбора тех или иных мер по предотвращению оползневых явлений совместно с вышеприведенными факторами применяется показатель изменения коэффициента устойчивости склона.

Специализированные методы, как было указано выше, разработаны непосредственно для защиты трубопроводов от негативного воздействия склоновых процессов и направлены, в первую очередь, на обеспечение допустимого напряженного состояния трубопровода. К таким методам относятся:

- применение компенсаторов и различных вставок;
- установка рассекателя грунта на трубопровод [2];
- вынос трубопровода на поверхность оползня [3];
- обустройство траншеи для снятия грунтового давления на трубу [3];
- прокладка трубопровода надземно (в случае борьбы с оползневыми явлениями) или заглубление трубопровода на необходимую величину (для борьбы с обвалами);
- применение различных интеллектуальных вставок и датчиков для контроля положения и напряженно-деформированного состояния трубопровода.

Таким образом, для разработки эффективной системы защиты трубопроводов от негативного влияния склоновых процессов необходимо сочетать различные методы защиты (как общеприменибельные, так и специализированные), проводить периодические наблюдения состояния склонов и регулярный мониторинг напряженно-деформированного состояния и положения трубопроводов.

Литература:

1. СП 436.1325800.2018. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от оползней и обвалов // Правила проектирования.
2. Васильев М.И. Повышение устойчивости газопроводов на оползневых участках (на пример газопроводов ООО «Кубаньгазпром») : 25.00.19 : дис. ... канд. техн. наук ; Газпром ВНИИГАЗ. – М., 2003. – 110 с.
3. Чжан Дунчэнь. Совершенствование методов проектирования и строительства трубопроводов, прокладываемых в условиях сильно пересеченной местности : 25.00.19 : дис. ... канд. техн. наук ; Уфимск. гос. нефт. техн. ун-т. – Уфа, 2002. – 124 с.

References:

1. SP 436.1325800.2018. Engineering Protection of Territories, Buildings and Structures from Landslides and Landslides // Design Rules.
2. Vasiliev M.I. Increase of gas pipelines stability in landslide areas (on the example of Kubangazprom gas pipelines) : 25.00.19 : Ph. Cand. of Technical Sciences ; Gazprom VNIIGAZ. – M., 2003. – 110 p.
3. Zhang Dongchen. Improvement of design and construction methods of pipelines laid in highly rugged terrain : 25.00.19 : Ph. PhD in Technical Sciences ; Ufa State Petroleum Technological University. – Ufa, 2002. – 124 p.



УДК 622.692.24

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМНОГО ВЫТЕСНЕНИЯ ФЛЮИДОВ В ПОДЗЕМНОМ ХРАНИЛИЩЕ ГАЗА

SOME FEATURES OF MUTUAL FLUID DISPLACEMENT IN UNDERGROUND GAS STORAGE

Ливинцев Петр Николаевич

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры разработки и эксплуатации
нефтяных и газовых месторождений,
Северо-Кавказский федеральный университет
rangm26@yandex.ru

Верзбицкий Вячеслав Владимирович

старший преподаватель
кафедры разработки и эксплуатации
нефтяных и газовых месторождений,
Северо-Кавказский федеральный университет
slavax777@mail.ru

Гунькина Татьяна Александровна

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой разработки и эксплуатации
нефтяных и газовых месторождений,
Северо-Кавказский федеральный университет
tatiana.stavr@yandex.ru

Верзбицкая Виктория Владимировна

аспирант
кафедры разработки и эксплуатации
нефтяных и газовых месторождений
Северо-Кавказский федеральный университет
v.verzhbitskaya@mail.ru

Хандзель Александр Владиславович

кандидат технических наук, доцент
кафедры разработки и эксплуатации
нефтяных и газовых месторождений,
Северо-Кавказский федеральный университет
hndalxvld@rambler.ru

Аннотация. В статье рассмотрены некоторые особенности поршневого вытеснения газа водой и воды нагнетаемым газом при небольших изменениях пластового давления с помощью метода последовательной смены стационарных состояний в подземном хранилище газа.

Ключевые слова: подземное хранение газа, активный и буферный газ, фильтрация газа, газовойодяной контакт, модель поршневого вытеснения.

Livintsev Petr Nikolaevich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor of the Department of
Development and Operation of
Oil and Gas Fields,
North-Caucasus Federal University
rangm26@yandex.ru

Verzhbitsky Vyacheslav Vladimirovich

Senior Lecturer
Department of Development and Operation of
Oil and Gas Fields,
North-Caucasus Federal University
slavax777@mail.ru

Gunkina Tatiana Aleksandrovna

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Head of the Department of Development and
Operation of Oil and Gas Fields,
North-Caucasus Federal University
tatiana.stavr@yandex.ru

Verzhbitskaya Viktoriya Vladimirovna

Postgraduate Student
Department of Development and Operation of
Oil and Gas Fields,
North-Caucasus Federal University
v.verzhbitskaya@mail.ru

Handzel Alexander Vladislavovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Department of Development and Operation of
Oil and Gas Fields,
North-Caucasus Federal University
hndalxvld@rambler.ru

Annotation. The paper discusses some features of piston displacement of gas by water and water by the injected gas at small changes in reservoir pressure using successive steady states method in underground gas storage.

Keywords: underground gas storing, working gas and base gas, gas filtration, gas-water contact, model of piston displacement.

Буферный газ обеспечивает в хранилище давление достаточное для подачи активного газа к скважинам при отборе. Чем больше доля буферного газа в хранилище, тем меньше разнятся максимальное и минимальное давление, обеспечивающее заданный отбор газа.

Если газ фильтруется при небольших изменениях пластового давления, то изменение его плотности при этом невелико (изменения малы в сравнении с пластовым значением плотности) и допустимо при рассмотрении некоторых задач фильтрации рассматривать газ как жидкость с постоянной плотностью [1–5]. Решения задач при таком допущении сильно упрощаются, хотя оказываются приближенными.

В [3] указывается – если при закачках и отборах в подземных хранилищах газа (ПХГ) с достаточно высоким пластовым давлением 7–10 МПа и выше оно варьруется в пределах 0,5–1,0 МПа, то



изменения плотности газа при этом 5–7 кг / м³ невелики в сравнении среднепластовой плотностью газа в 50–70 кг / м³. При этом плотность и вязкость газа можно принять неизменными, равными их значениям при среднепластовом давлении.

В книге [4] М.В. Лурье исследует ряд задач совместной (двухфазной) фильтрации в подземных хранилищах, рассматривая воду и газ как несжимаемые жидкости.

В поршневой модели вытеснения принимается, что в пласте между фазами – водой и газом существует граница (фронт или газоводяной контакт ГВК), на которой одна фаза «полностью» вытесняет другую. В тонком горизонтальном пласте эта граница рассматривается как вертикальная. На рисунке 1 показана схема полосообразного хранилища газа.

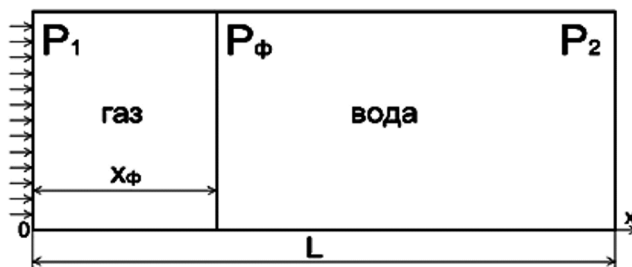


Рисунок 1 – Схема вытеснения газом воды в полосообразном газовом хранилище

Рассмотрим газовое хранилище в горизонтальном тонком пласте длиной L, толщиной h, шириной a. В сечении x = 0 через линейный ряд скважин (фильтрация к которым подобна таковой к галерее) ведется первая закачка газа. Давление на их забоях скважин (на контуре питания) P₁ = const, в сечении x = L на выходе газа из пласта также поддерживается постоянное давление P₂ = const. Расстояние x_ф до параллельного скважинам ГВК (до фронта вода–газ) при нагнетании газа возрастает. Вязкости воды μ_в и газа μ_г и их плотности ρ_в, ρ_г рассматриваются как неизменные.

Рассмотрим некоторые особенности поршневого вытеснения воды нагнетаемым газом с помощью метода последовательной смены стационарных состояний (ПССС). В соответствии с методом ПССС, рассматривая фильтрацию как стационарную, запишем формулу массовой скорости фильтрации воды на фронте вода-газ (ГВК).

$$\rho_v \cdot V_v = \frac{\rho_v \cdot k}{\mu_v} \cdot \frac{P_\phi - P_2}{L - x_\phi}, \tag{1}$$

здесь P_φ – давление на фронте вода-газ.

Массовая скорость закачиваемого «несжимаемого» газа, с плотностью и вязкостью при среднем пластовом давлении выразится:

$$\rho_g \cdot V_g = \frac{\rho_g \cdot k}{\mu_g} \cdot \frac{P_1 - P_\phi}{x_\phi}. \tag{2}$$

Перепишем формулы (1) и (2):

$$P_\phi - P_2 = \frac{\mu_v}{\rho_v \cdot k} \cdot (L - x_\phi) \cdot \rho_v \cdot V_v, \tag{3}$$

$$P_1 - P_\phi = \frac{\mu_g \cdot x_\phi}{\rho_g \cdot k} \cdot \rho_g \cdot V_g. \tag{4}$$

Сложив выражения (3) и (4), с учетом равенства массовых скоростей воды и газа ρ_в · V_в = ρ_г · V_г = ρ · V на фронте вода – газ, запишем выражение для массовой скорости

$$\rho \cdot V = \frac{k \cdot (P_1 - P_2)}{\frac{\mu_g \cdot x_\phi}{\rho_g} + \frac{\mu_v (L - x_\phi)}{\rho_v}} \tag{5}$$

или

$$\rho \cdot V = \frac{k \cdot (P_1 - P_2)}{\frac{\mu_v \cdot L}{\rho_v} + \left(\frac{\mu_g}{\rho_g} - \frac{\mu_v}{\rho_v}\right) \cdot x_\phi} \tag{6}$$

Умножая (6) на ширину хранилища a и толщину h пласта получаем выражение массового дебита

$$Q_m = \frac{a \cdot h \cdot k \cdot (P_1 - P_2)}{\frac{\mu_v \cdot L}{\rho_v} + \left(\frac{\mu_g}{\rho_g} - \frac{\mu_v}{\rho_v}\right) \cdot x_\phi} \tag{7}$$



С течением времени t величина x_f – расстояние ГВК от контура питания изменяется, являясь функцией t , а также массовая скорость фильтрации и дебит изменяются во времени. Следовательно, вытеснение воды газом или газа водой происходит при нестационарной фильтрации, несмотря на постоянство депрессии $\Delta P = P_1 - P_2 = \text{const}$.

Таким образом в процессе первой закачки «несжимаемого» газа в ПХГ массовая скорость ρV фаз и массовый дебит Q_m , с возрастанием расстояния x_f до фронта вода-газ (ГВК) увеличиваются (величина $\frac{\mu_g}{\rho_g} - \frac{\mu_w}{\rho_w}$ в знаменателе формул (5, 6, 7) обычно отрицательна, $\frac{\mu_g}{\rho_g} = \frac{0,015 \cdot 10^{-3}}{50} (\text{Па} \cdot \text{с}) / (\text{кг}/\text{м}^3)$ меньше $\frac{\mu_w}{\rho_w} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{1000} (\text{Па} \cdot \text{с}) / (\text{кг}/\text{м}^3)$).

Такие результаты обусловлены уменьшением общего фильтрационного сопротивления потоку при $\Delta P = P_1 - P_2 = \text{const}$ из-за возрастания x_f протяженности области фильтрации более подвижного газа.

Если начальное положение ГВК не параллельно контуру питания и линии скважин, то при нагнетании газа более продвинутой частью ГВК продолжит двигаться быстрее запаздывающей части ГВК и форма ГВК будет изменяться (на подобное поведение раздела фаз указал В.Н. Щелкачев [1] при рассмотрении вытеснения нефти менее вязкой водой). Даже при первоначальной параллельности ГВК линии нагнетания и отбора скорость движения, образовавшегося по различным причинам «газового языка», выше, чем остальной части ГВК. При последующих закачках, газ стремится двигаться по области «языка», либо по более продвинутой части газовой контактной поверхности, увеличивая их длину, и может уходить за пределы «ловушки» газового хранилища.

При отборе же газа (напротив) продвижение ГВК, увеличивая размеры области водоносности, и тем самым общее фильтрационное сопротивление потоку, ведет при постоянной депрессии ΔP к уменьшению с течением времени массовой скорости движения и массового дебита отбираемого газа.

Литература:

1. Щелкачев В.Н., Лапук Б.Б. Подземная гидравлика. – М. : Гостоптехиздат, 1949.
2. Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М., Движение жидкостей и газов в природных пластах. – М. : Недра, 1984. – 207 с.
3. Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М. Подземная гидромеханика: Учебник для ВУЗов. – М. : Недра, 1993. – 416 с.
4. Лурье М.В. Механика подземного хранения газа в водоносных пластах // ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. – М., 2001.
5. Бедриковецкий П.Г., Каневская Р.Д., Лурье М.В. Эффекты сжимаемости при вытеснении воды и нефти газом // Докл. АН СССР. – 1984. – Т. 276. – № 2.

References:

1. Shelkachev V.N., Lapuk B.B. Underground Hydraulics. – M. : Gostoptekhizdat, 1949.
2. Barenblatt G.I., Yentov V.M., Ryzhik V.M., Movement of Liquids and Gases in Natural Formations. – M. : Nedra, 1984. – 207 p.
3. Basniev K.S., Kochina I.N., Maximov V.M. Underground Hydromechanics: Textbook for Universities. – M. : Nedra, 1993. – 416 p.
4. Lurie M.V. Mechanics of underground gas storage in aquifers // Gubkin Russian State University of Oil and Gas Publisher. – M., 2001.
5. Bedrikovetsky P.G., Kanevskaya R.D., Lurie M.V. Effects of compressibility at displacement of water and oil by gas // Dokl. ANSSR. – 1984. – Vol. 276. – № 2.



УДК 628.147.22

КОРРОЗИОННЫЙ МОНИТОРИНГ МОРСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

CORROSION MONITORING OF MARINE PIPELINES

Поварова Лариса Валерьевна

кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры химии,
Кубанский государственный
технологический университет
larispv08@gmail.com

Косова Дарья Анатольевна

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

Самарин Михаил Анатольевич

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

Аннотация. Задача мониторинга морских трубопроводов предопределена активным освоением нефтегазовых месторождений, строительством и эксплуатацией морских трубопроводов для транспортировки добываемой продукции. Основа безопасного и работоспособного состояния подводных объектов обусловлена контролем риска, связанным с коррозионной опасностью.

Ключевые слова: морские трубопроводы, коррозия металлов, коррозионный мониторинг, рабочая среда, эрозионные воздействия, конденсация, коррозионное растрескивание, нефтехимическая промышленность.

Povarova Larisa Valeryevna

Candidate Of Chemical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor Of
Chemistry Department,
Kuban State Technological University
larispv08@gmail.com

Kosova Daria Anatolyevna

Student Training Direction
«Oil and Gas Engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
darakosova48@mail.ru

Samarin Mikhail Anatolyevich

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

Annotation. The task of monitoring offshore pipelines is predetermined by the active development of oil and gas fields, the construction and operation of offshore pipelines for the transportation of produced products. The basis for the safe and operational state of underwater objects is due to risk control associated with corrosion hazard.

Keywords: offshore pipelines, metal corrosion, corrosion monitoring, working medium, erosion effects, condensation, corrosion cracking, petrochemical industry.

Морские трубопроводы в настоящее время приобрели важнейшее значение в освоении континентальных шельфов России и развитии добычи углеводородов на них. Строительство крупных газовых трубопроводов – «Северный поток», «Южный поток», «Голубой поток» чрезвычайно важно для обеспечения внешней торговли энергоресурсами. В связи с этим постоянный контроль коррозионного состояния газопроводов имеет очень важное значение.

Поскольку подводные морские магистральные трубопроводы построены в последний непродолжительный период, а некоторые их участки (расширение) и новые трубопроводы только ещё проектируются, коррозионный мониторинг для них находится в начальной стадии развития. В настоящее время ещё не сформулированы безальтернативные приёмы проведения коррозионного мониторинга морских трубопроводов, поскольку в полной мере отсутствуют технические средства для его реализации.

В связи с тем, что морские трубопроводы относятся к взрывоопасным объектам, выход их из строя по причине аварии с утечкой большого количества углеводородов может повлечь за собой катастрофические последствия. Кроме того, необходимо обеспечение прогнозирования и предупреждения внеплановых трубопроводных остановок.

Коррозионный мониторинг морских трубопроводов начал развиваться в основном в последние два десятилетия. Интенсивному его развитию содействовали следующие причины:

– увеличение объёма трубопроводного транспорта, в основном систем перекачки газа (магистральные газопроводы), нефти (магистральные нефтепроводы) и нефтепродуктов (магистральные продуктопроводы). Общая протяжённость линейной части трубопроводного транспорта России в насто-



ящее время по различным источникам составляет порядка 200 тысяч километров, поэтому для эксплуатации и содержания его в работоспособном состоянии требуются значительные трудозатраты;

- развитие компьютеризованных методов и средств измерения величин, характеризующих коррозию и эффективность защиты от неё;
- многообразие управляющих решений, предусматривающих исключение коррозионных отказов трубопровода.

Однако развитие коррозионного мониторинга происходит в основном для объектов трубопроводов, расположенных на материке. Изучив ряд нормативных документов в открытых источниках в сфере коррозионного мониторинга морских трубопроводов, для примера выбран международный стандарт ISO 21457:2010 «Нефтяная, нефтехимическая и газовая промышленности. Выбор материалов и коррозионный контроль систем добычи нефти и газа», который распространяется на трубопроводы и устьевое оборудование технологической обвязки скважин, включая трубопроводы для стабильных нефтепродуктов.

Документ определяет выбор материалов для борьбы с коррозией и наиболее важные (основные) параметры, которые следует контролировать для определения общей коррозионной активности, способной воздействовать на технологические системы как снаружи, со стороны внешних условий (атмосферы, почвы, морской воды), так и изнутри – т.е. со стороны рабочей среды. При этом в документе рассматриваются методы коррозионного контроля, способы и материалы, применяемые при борьбе с коррозией, протекающие по следующим механизмам:

- углекислотная и сероводородная;
- эрозионная;
- коррозионная усталость (MIC);
- сероводородное растрескивание;
- водородное растрескивание / постепенное растрескивание (HIC / SWC);
- щелочное коррозионное растрескивание под напряжением (ASCC);
- коррозионное растрескивание под напряжением (SCC).

Углекислотную и сероводородную коррозию характеризуют следующие факторы рабочей среды технологического потока: парциальное давление CO_2 и H_2 ; pH (кислотность); содержание органических кислот; температура; наличие конденсации и её скорость.

Присутствие во флюиде в сочетании с CO_2 , пластовой воды с высоким уровнем содержания хлоридов может привести к образованию очагов местной питтинговой коррозии трубопроводной стали. Температура рабочей среды (потока), скорость конденсации, содержание CO_2 и органических кислот влияют на коррозию по линии раздела фаз. Для трубопроводов, перекачивающих нефть или конденсат, следует учитывать значения содержания (парциального давления) CO_2 и общего давления на последней ступени сепарации. Кислотность (pH) влияет на механизм сероводородного коррозионного растрескивания. Кроме pH, для систем пресной воды, следует учитывать концентрацию хлоридов (солёность). Для систем морской воды по причине их постоянного хлорирования с целью предотвращения биологического обрастания следует контролировать содержание остаточного хлора и рабочий режим (сухой или мокрый, если трубопровод не работает). Необходимо проводить мониторинг технического состояния оборудования для удаления песка.

Органические кислоты усиливают коррозионное воздействие добываемых флюидов на трубопроводы и оборудование из углеродистой стали. Поэтому для определения влияния органических кислот на процесс коррозии металлов имеет смысл проведение полного химического анализа воды.

При оценке коррозионной агрессивности в системах, содержащих воду, необходимо учитывать температуру и скорость потока (неподвижный, периодический или непрерывный).

Примечательно, что при эрозионной коррозии скорость потери металла может быть выше, чем при отдельном воздействии эрозии и коррозии.

Вероятность микробиологической коррозии (MIC) велика при низкой скорости влажного потока в трубопроводе, на тупиковых отводах трубопроводов и в других местах возможного скопления отложенных бактерий (планктонных или других, закрепляющихся на твёрдой поверхности углеродистой стали). Для предупреждения микробиологической коррозии следует предусматривать точки отбора проб и устройства закачивания биоцидов.

Водородному растрескиванию (HIC) подвергаются системы трубопроводов при кислотной обработке с образованием сульфидсодержащих отложений. Для оценки растрескивания в сероводородсодержащих условиях, обычно используется парциальное давление в газовой фазе, полученное в результате экспресс-расчётов для реальных условий.

Щелочному коррозионному растрескиванию под напряжением (ASCC) подвержены углеродистые стали, работающие в условиях среды, содержащей амины, щёлочь или карбонаты. Вероятность растрескивания повышается при повышении концентрации этих компонентов и при наличии изначальных трещин или испарения.



Коррозионное растрескивание под напряжением (SCC) характерно для углеродистой стали при эксплуатации в морских атмосферных условиях, поскольку имеются вода и хлористые соли. SCC подвергаются нержавеющие стали в случаях остаточных напряжений на сварных швах. Внутреннее хлоридное SCC может наблюдаться при отсутствии H₂S и растворённого кислорода вследствие локальных технологических условий, вызывающих испарение воды и отложение (или концентрацию) хлоридов в высокоминерализованных водах и при высоких температурах.

Таким образом, международный стандарт ISO 21457:2010 для снижения риска коррозии внутренней поверхности трубопроводов технологических систем в нефтегазовой промышленности при их эксплуатации рекомендует осуществлять контроль недиссоциированной органической кислоты, температуры, скорости потока и его эрозионные воздействия на внутреннюю поверхность оборудования. Также желательно обнаруживать места отложения бактерий или продуктов их жизнедеятельности, предупреждать коррозионное растрескивание сталей по различным причинам (HIC, ASSC, SCC). ISO 21457:2010 рекомендует также учитывать влияние на трубопровод различных рабочих сред, когда в качестве продукта выступает добываемый флюид, деаэрированная морская вода и др.

В документе представлены в качестве определяющих следующие параметры для оценки коррозии:

- содержание CO₂, H₂S, O₂;
- температура;
- присутствие органических кислот;
- характеристики нефти (или газа) и содержание воды, кислорода, свободной серы, ртути (Hg);
- химический состав добываемого флюида.

Поскольку кислород в потоках продукции обычно отсутствует, но его могут содержать впрыскиваемые химикаты, следует контролировать содержание кислорода особенно в системах, работающих под вакуумом, и в тех случаях, когда в качестве буферного газа используется инертный газ. Чистота инертного газа – это параметр, который рекомендуется включать в оценку коррозии.

Для оценки наружной коррозии учитывают следующее:

- контакт с почвой и (или) опорами трубопроводов;
- нормальные атмосферные условия (морские или не морские);
- окружающая температура и максимальная рабочая температура;
- наличие наружной изоляции с линейными обогревателями или без них;
- нагрев солнечными лучами;
- наличие воды, затопление дренажными системами.

В стандарте изложены основные направления КМ, проведение которых позволит своевременно предупредить о появлении проблемных областей в защите от коррозии (ухудшении состояния изоляции, снижения эффективности работы средств ПКЗ, изменение коррозионной активности добываемых флюидов и др.). Коррозионный мониторинг предполагает детальный прогноз, идентификацию мест локализации, сбор информации и отчётность.

Для контроля параметров защиты от коррозии используются электрорезистивные датчики и индикаторы коррозии (потери массы), датчики линейного поляризованного сопротивления (LPR), гальванические датчики контроля характеристик напряженности поля (FSM), датчики контроля поступления песка, эталонные электроды для измерения защитного потенциала, специальные аноды с возможностью контроля тока и др. Устанавливаются датчики, как правило, на нижней образующей стенки трубопровода (на 6 часов), в местах вероятного накопления воды. В составе коррозионного мониторинга широко используются данные внутритрубной диагностики (ВТД).

В целом надёжность подводных трубопроводных систем определяется отсутствием способности функционировать по своему назначению. Она может выражаться в утрате функциональной способности системы или компонента системы, ухудшении функциональной способности до существенного снижения уровня безопасности для людей, оборудования или окружающей среды. В норвежском стандарте DNV-RP-116:2009 «Обеспечение целостности подводных трубопроводных систем» рассматриваются два основных типа аварийной ситуации, обусловленные качеством функционирования конструкции и состоянием герметичности трубопровода:

- разгерметизация – течь или разрыв трубы;
- недопустимая деформация поперечного сечения трубы, вызванная понижением степени либо статичной, либо усталостной прочности самой трубы.

Распределение причин возникновения аварийных ситуаций приведено на рисунке 1, который иллюстрирует долю коррозионных отказов в их общем объеме. Очевидно, что 40 % аварий произошли по вине коррозии, в том числе 7 аварий возникли из-за наружной коррозии и 14 аварий – из-за коррозии внутри трубопровода.

В настоящее время системы коррозионного мониторинга (СКМ) являются обязательными элементами при проектировании морских трубопроводов и других труднодоступных морских объектов. В соответствии с требованиями ПАО «Газпром» СТО Газпром 2-3.7-576 в техническом задании на проектирование морского объекта должны быть разработаны технические условия на систему коррозионного мониторинга.

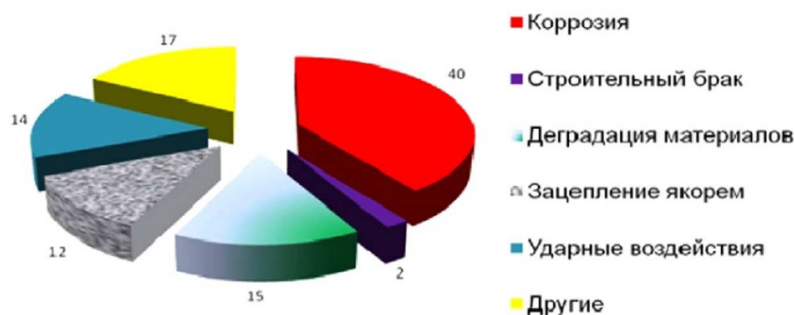


Рисунок 1 – Распределение причин разгерметизации трубопроводов в Северном море

Рекомендациями ПАО «Газпром» определено, что морские стальные трубопроводы подлежат комплексной защите от коррозии защитными покрытиями и средствами ЭХЗ независимо от коррозионной агрессивности морской среды. При такой комплексной защите для новых или эксплуатируемых трубопроводных систем, международным Стандартом регламентировано при проектировании предусматривать коррозионный мониторинг участков трубопровода, обеспечиваемый, в том числе, периодическим техническим обслуживанием при эксплуатации.

Коррозионный мониторинг морских трубопроводов необходим для выявления на ранних стадиях зарождения коррозионных повреждений стенок трубы, изменения скорости коррозии, определения участков, на которых защита от коррозии неэффективна, а также отслеживания эффективности противокоррозионных мероприятий, принятых при эксплуатации трубопровода. Коррозионный мониторинг осуществляется как для внутренней поверхности трубы, так и для наружной. Следует отметить, что для магистральных газопроводов, транспортируемых подготовленный и очищенный газ, опасность распространения внутренней коррозии не велика, в отличие от промышленных трубопроводов. Как правило, для магистральных трубопроводов не осуществляется мониторинг внутренней коррозии, реализуемый посредством специальных датчиков. При этом контроль коррозионного состояния внутренней поверхности трубы проводится при периодическом пропуске по участку специальных дефектоскопических снарядов.

Осуществляя коррозионный мониторинг, применяют следующие методы и средства:

- контроль скорости коррозии при помощи специального зонда, электрическое сопротивление рабочего элемента (стержня или проволоки) которого меняется в зависимости от коррозионной агрессивности среды. Зонды могут устанавливаться в любой коррозионной среде (жидкой или газообразной) и применяются в комплекте с приборами-коррозиметрами СК-2, СК-3. Зонд может дать информацию об эрозионной коррозии и удаляется, в случае необходимости, из системы, находящейся под давлением, с помощью специального извлекателя, без остановки технологического процесса;
- контроль коррозии методом измерения поляризационного сопротивления двух- или трёхэлектродными методами. Данные способы эффективны в растворах электролита с малым электросопротивлением. Метод позволяет избежать коррекции, необходимой для учёта падения напряжения на омическое сопротивление при измерении защитного потенциала;
- измерение проникновения водорода через металл с помощью специальных водородных зондов. Используется данный метод, в основном, для контроля кислотной коррозии, но применим и в случае углекислотной коррозии;
- измерение коррозии гравиметрическим методом, основанным на измерении массы образца-свидетеля (купона) после его выдержки в коррозионной среде. В системах трубопроводов данный метод применяют для контроля коррозии в потоке рабочей среды или в «застойных зонах», где устанавливают специальные коррозионные катушки. Для возможности извлечения коррозионных катушек без остановки технологического процесса их устанавливают в трубопровод по схеме байпаса;
- контроль наличия в рабочей среде потока бактерий, способствующих развитию коррозии, в частности СВБ, путём отбора проб отложений в различных точках системы (коллекторы, емкости, вход/выход газопровода и др.).

Опыт эксплуатации морских трубопроводов зарубежными странами показывает, что в системах коррозионного мониторинга для осуществления связи между средствами сбора информации о состоянии средств ПКЗ и МТ используется следующие способы и методы:

- запись данных на электронный накопитель, установленный непосредственно под водой. В необходимые сроки заполненный накопитель заменяется на новый при помощи водолаза или дистанционно управляемого аппарата (ДУА);
- передача данных по акустическому каналу в блок приёма данных установленный на ДУА при непосредственном его приближении к сенсорам (датчикам);



– считывание данных в режиме и их передача по оптическому кабелю на приёмные блоки, установленные над водой, откуда далее по радиочастоте (GPS, УКВ, космос и др.) в базу данных (БД).

Кроме того, измеренные данные могут отображаться на подводных мониторах (например, CP Gun) с которых могут быть записаны на видео с ДУА. Некоторые подобные решения приведены на рисунке 2.

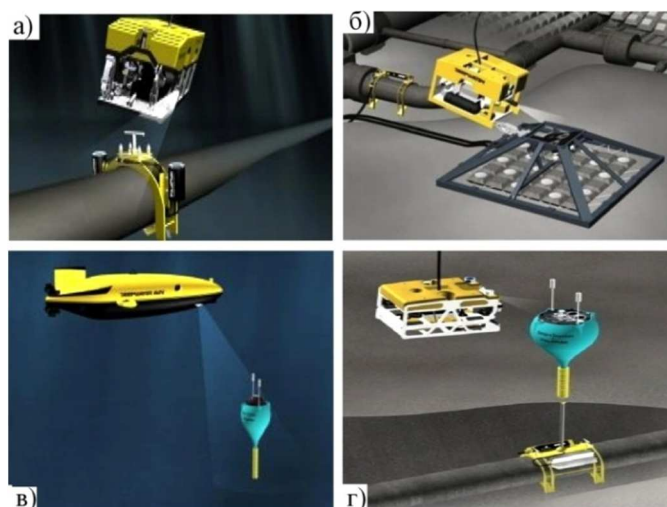


Рисунок 2 – Считывание (видеозапись) данных коррозионного мониторинга морского трубопровода с применением ДУА: а, б – по средству видеозаписи; в, г – по акустическому каналу

Для электропитания подводных средств КМ возможно использование долговременных элементов питания, активируемых морской водой. Учитывая тяжёлые условия эксплуатации, в которых выполнение ремонтных работ или ТО оборудования КМ дорогостоящее, а порой вообще невозможное, необходимо устанавливать дублирующие системы и оборудование (датчики и др.) и средства передачи или приёма данных.

Срок службы оборудования системы КМ должен быть не менее срока эксплуатации МТ при условии замены расходимых материалов и оборудования. Передача данных от средств КМ может осуществляться по кабелю или по гидроакустическому каналу в зависимости от того, что наиболее приемлемо в конкретном случае. Устройства с гидроакустической связью требуют наличия аккумуляторов, поэтому в этом случае необходимо учитывать срок службы аккумулятора.

Экономический эффект от рассмотренных мероприятий обусловлен снижением затрат на проведение мониторинга морских сооружений. Основным эффектообразующим фактором является снижение эксплуатационных затрат за счёт сокращения объема водолазных работ и аренды водного транспорта (катера). Оценка эффекта выполнена для трубопроводов континентального шельфа России из расчёта эксплуатационных затрат на одну точку мониторинга при контроле параметров ЭХЗ с периодичностью два раза в год.

В настоящее время контроль состояния средств защиты от коррозии морских участков осуществляется только визуально при спуске водолазов (без проведения электрометрических измерений) – вариант «без проекта». Вариант «с проектом» предусматривает разработку приборного парка для проведения электрометрических измерений в автоматическом режиме, накопления полученных результатов и последующей их передачи в службу защиты от коррозии эксплуатирующей организации.

Эксплуатационные затраты при проведении обследования включают аренду катера и услуги водолазной бригады. Продолжительность расчётного периода составляет 10 лет. Оценка эксплуатационных затрат проведена аналоговым методом с использованием данных организаций предоставляющих данные виды услуг. Водолазные работы проводятся на глубинах до 30 м. Периодичность водолазного обследования принята: ежегодно в течение первых 3 лет эксплуатации, затем 1 раз в 3 года.

Таким образом, предлагаемая к внедрению система проведения коррозионного мониторинга позволит оперативно выявлять на ранних стадиях коррозионные повреждения стенок трубы, изменение скорости коррозии, определение участков, на которых защита от коррозии неэффективна, отслеживать эффективность противокоррозионных мероприятий, принятых при эксплуатации трубопровода, а следовательно, обеспечить технически надёжную, экологически безопасную и экономически рентабельную эксплуатацию подводных нефтегазопроводов. Эти мероприятия позволят снизить риски, избежать аварий и экологических катастроф в акватории, где проложены объекты трубопроводного транспорта углеводородов.



Литература:

1. Завьялов В.В. Проблемы эксплуатационной надёжности трубопроводов на поздней стадии разработки месторождений. – М. : ВНИИОЭНГ, 2005. – 331 с.
2. Маричев Ф.Н., Гетманский М.Д., Тетерина О.П. Внутренняя коррозия и защита трубопроводов на нефтяных месторождениях Западной Сибири. – М. : ВНИИОЭНГ, 1981. – 44 с.
3. Защита от коррозии: учебное пособие / Ф.М. Мустафин [и др.]. – Уфа : ДизайнПолиграфСервис, 2004. – Т. 1. – 806 с.
4. Защита трубопроводов от коррозии: учебное пособие / Ф.М. Мустафин [и др.]. – СПб. : Недра, 2005. – Т. 2. – 617 с.
5. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
6. Внутренняя коррозия шлейфов добывающих скважин / Н.И. Васильев [и др.] // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 4. – С. 19–22.
7. Анализ коррозионного износа трубопроводов и тепловых сетей / Н.М. Маликов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 6. – С. 150–152.
8. Плешивцев В.Г., Пак Ю.А., Филиппов Г.А. Факторы, влияющие на эксплуатационную надёжность трубопроводов // Деформация и разрушение. – 2007. – № 1. – С. 6–11.
9. Поварова Л.В. Экологические риски, связанные с эксплуатацией нефтяных месторождений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 2. – С. 112–122.
10. Поварова Л.В., Кусов Г.В. Нормативно-техническое регулирование экологической безопасности в нефтегазовой отрасли // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 4. – С. 195–216.
11. Поварова Л.В., Мунтян В.С., Скиба А.С. Анализ современных методов защиты нефтепромыслового оборудования от коррозии // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 4. – С. 125–129.
12. Поварова Л.В., Мунтян В.С., Скиба А.С. Коррозия трубопроводов и нефтегазового оборудования // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 4. – С. 130–135.
13. Родионова И.Г., Бакланова О.Н., Зайцев А.И. О роли неметаллических включений в ускорении процессов локальной коррозии нефтепромысловых трубопроводов из углеродистых и низколегированных сталей // Металлы. – 2004. – № 5. – С. 13–18.
14. Влияние коррозии нефтегазового оборудования и сверхнормативной кривизны скважин на продуктивность нефтедобычи / О.В. Савенок [и др.] // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 2. – С. 174–178.
15. Тимирханов И.Ф. Проблема обеспечения коррозионной надёжности основных трубных конструкций райзера // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 274–276.

References:

1. Zavyalov V.V. Problems of operational reliability of pipelines at the late stage of field development. – M. : VNIIOENG, 2005. – 331 p.
2. Marichev F.N., Getmanskiy M.D., Teterina O.P. Internal corrosion and protection of pipelines in West Siberian oil fields. – M. : VNIIOENG, 1981. – 44 p.
3. Corrosion protection: textbook / F.M. Mustafin [et al.]. — Ufa : DizaynPolygraphServis, 2004. – Vol. 1. – 806 p.
4. Protection of pipelines against corrosion: tutorial / F.M. Mustafin [et al.]. – SPb. : Nedra, 2005. – Vol. 2. – 617 p.
5. Ecological aspects in building of oil and gas wells: monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M. ; Vologda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
6. Internal corrosion of production well plumes / N.I. Vasiliev [et al.] // Bulatov readings. – 2017. – Vol. 4. – P. 19–22.
7. Analysis of corrosion wear of pipelines and heat networks / N.M. Malikov [et al.] // Bulatovskie Vzhетки. – 2020. – Vol. 6. – P. 150–152.
8. Pleshivtsev V.G.; Pak Yu.A.; Filippov G.A. Factors influencing upon the pipeline operational reliability (in Russian) // Deformation and destruction. – 2007. – № 1. – P. 6–11.
9. Povarova L.V. Environmental risks associated with oil field operation // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2018. – № 2. – P. 112–122.
10. Povarova L.V., Kusov G.V. Regulatory and technical regulation of environmental safety in the oil and gas industry // Science. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2018. – № 4. – P. 195–216.
11. Povarova L.V., Muntian V.S., Skiba A.S. Analysis of modern methods of protection of oilfield equipment from corrosion // Bulatov Readings. – 2020. – Vol. 4. – P. 125–129.
12. Povarova L.V., Muntian V.S., Skiba A.S. Corrosion of pipelines and oil and gas equipment // Bulatov Readings. – 2020. – Vol. 4. – P. 130–135.
13. Rodionova I.G., Baklanova O.N., Zaitsev A.I. About a role of non-metallic inclusions in acceleration of processes of local corrosion of oil-field pipelines from carbon and low-alloy steels // Metals. – 2004. – № 5. – P. 13–18.
14. Influence of corrosion of oil and gas equipment and above-normative curvature of wells on productivity of oil production / O.V. Savenok [et al.] // Bulatov readings. – 2019. – Vol. 2. – P. 174–178.
15. Timirkhanov I.F. The problem of ensuring the corrosion reliability of the main pipe structures of the riser // Bulatov readings. – 2017. – Vol. 2. – P. 274–276.



УДК 628.147.22

ПРИЧИНЫ КОРРОЗИИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ И СПОСОБЫ ИХ ЗАЩИТЫ

CAUSES OF CORROSION OF OILFIELD PIPELINES AND METHODS OF THEIR PROTECTION

Поварова Лариса Валерьевна

кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры химии,
Кубанский государственный
технологический университет
larispv08@gmail.com

Самарин Михаил Анатольевич

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

Тараник Роман Алексеевич

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

Аннотация. Трубопроводы и оборудование в процессе эксплуатации подвергаются процессу коррозии. Коррозия металла труб происходит как снаружи под воздействием почвенного электролита (в почве всегда находится влага и растворённые в ней соли), так и внутри, вследствие примесей влаги, сероводорода и солей, содержащихся в транспортируемом углеводородном сырье. Коррозия металлических сооружений наносит большой материальный и экономический ущерб. Она приводит к преждевременному износу агрегатов, установок, линейной части трубопроводов, сокращает межремонтные сроки оборудования, вызывает дополнительные потери транспортируемого продукта. В статье рассмотрены виды коррозии, которой подвергаются трубопроводы при длительной эксплуатации, причины коррозии трубопроводов, а также способы защиты трубопроводов от коррозии.

Ключевые слова: способы защиты трубопроводов от коррозии; защитные покрытия для трубопроводов; способы электрохимической защиты; катодная защита; протекторная защита; электродренажная защита.

Povarova Larisa Valeryevna

Candidate Of Chemical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor Of
Chemistry Department,
Kuban State Technological University
larispv08@gmail.com

Samarin Mikhail Anatolyevich

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

Taranik Roman Alekseevich

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

Annotation. Pipelines and equipment undergo a corrosion process during operation. Corrosion of pipe metal occurs both outside under the influence of soil electrolyte (moisture and salts dissolved in it are always present in the soil), and inside, due to impurities of moisture, hydrogen sulfide and salts contained in the transported hydrocarbon raw materials. Corrosion of metal structures causes great material and economic damage. It leads to premature wear of aggregates, installations, linear part of pipelines, reduces equipment overhaul times, and causes additional losses of the transported product. The article discusses the types of corrosion that pipelines are exposed to during long-term operation, the causes of pipeline corrosion, as well as ways to protect pipelines from corrosion.

Keywords: ways to protect pipelines from corrosion; protective coatings for pipelines; methods of electrochemical protection; cathodic protection; protective protection; electric drainage protection.

Способы защиты трубопроводов от коррозии

Способы защиты трубопроводов от наружной коррозии подразделяются на пассивные и активные.

Продлить срок службы трубопроводов можно, применяя следующие способы защиты:

- изоляцию поверхности металла изделий от агрессивной среды (пассивная защита), т.е. нанесение на поверхность металла слоя химически инертного, относительно металла и агрессивной среды, вещества с высокими диэлектрическими свойствами;
- воздействие на металл с целью повышения его коррозионной устойчивости, т.е. обработка его окислителями, вследствие чего на его поверхности образуется плёнка из продуктов коррозии, например, травление стали персульфатом аммония (NH_4SO_8) при этом на поверхности стали образуется продукт коррозии – магнетит, что увеличивает сопротивление высокопрочных сталей коррозионному растрескиванию (в щелочных средах);



– нанесение на металл конструкции из малостойкого металлического тонкого слоя другого металла, которые обладают меньшей скоростью коррозии в данной среде, например, горячее алюминирование, оцинкование, хромирование;

– воздействие на ОС с целью снижения её агрессивности, т.е. введение в среду ингибитора (замедлителей) коррозии. К этому способу можно отнести очистку воздуха от примесей и осушку его, обработку почвы ядохимикатами, снижают интенсивность жизнедеятельности микроорганизмов, что уменьшает опасность биокоррозии и т.д.

Пассивные способы защиты предусматривают изоляцию наружной поверхности трубы от контакта с грунтовыми водами и от блуждающих электрических токов, которая осуществляется с помощью противокоррозионных диэлектрических покрытий, обладающих водонепроницаемостью, прочным сцеплением с металлом, механической прочностью. Для изоляции трубопроводов применяют покрытие на битумной основе, на основе полимеров и лаков.

Для защиты от электрохимической коррозии применяются активные способы электрохимической защиты.

Активные способы защиты трубопроводов от наружной коррозии предусматривают создание такого электрического тока, в котором весь металл трубопровода, несмотря на неоднородность его включений, становится катодом, а анодом является дополнительно размещенный в грунте металл. Существуют два вида активной защиты трубопроводов от наружной коррозии – протекторная и катодная.

Защитные покрытия для трубопроводов

Изоляционные покрытия, применяемые на трубопроводах, должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- обладать высокими диэлектрическими свойствами;
- быть сплошными;
- обладать хорошей адгезией (прилипаемостью) к металлу трубопровода;
- быть водонепроницаемыми;
- обладать высокой механической прочностью и эластичностью; высокой биостойкостью;
- быть термостойкими (не размягчаться под воздействием высоких температур и не становиться хрупкими при низких);
- конструкция покрытий должна быть сравнительно простой, а технология их нанесения – допускать возможность механизации.

Материалы, входящие в состав покрытия, должны быть недефицитными, а само покрытие – недорогим, долговечным.

Противокоррозионную защиту подземных трубопроводов осуществляют:

- покрытиями на основе полимерных материалов (полиэтилена, термоусаживающихся и терморезистивных полимеров, эпоксидных красок и др.), наносимыми в заводских или базовых условиях;
- покрытиями на основе термоусаживающихся материалов, полимерных липких лент, битумных и асфальтосмолистых мастик, наносимыми в базовых и трассовых условиях.

Государственный стандарт по защите от коррозии рекомендует 22 конструкции защитных покрытий трубопроводов нормального и усиленного типов. Покрытия усиленного типа значительно более разнообразны по конструкции (их 19). К ним предъявляются повышенные требования по таким показателям, как прочность и относительное удлинение при разрыве, адгезия к стали, переходное сопротивление и др.

Усиленный тип защитных покрытий применяется на трубопроводах диаметром 820 мм и более независимо от условий прокладки, а также независимо от диаметра трубопроводов при прокладке их в зонах повышенной коррозионной опасности:

- в засоленных почвах любого района страны;
- в болотистых, заболоченных, черноземных и поливных почвах, а также на участках перспективного обводнения или орошения; на подводных переходах и в поймах рек, а также на переходах через железные и автомобильные дороги;
- на участках промышленных и бытовых стоков, свалок мусора и шлака;
- на участках блуждающих токов источников постоянного тока;
- на участках трубопроводов с температурой транспортируемого продукта выше 30 °С;
- на территориях насосных станций;
- на пересечениях с различными трубопроводами;
- на участках трубопроводов, прокладываемых вблизи рек, каналов, озёр, водохранилищ, а также населённых пунктов и предприятий.

Во всех остальных случаях применяются защитные покрытия нормального типа.

В зависимости от используемых материалов различают мастичные, полимерные и комбинированные покрытия.



Мастичные покрытия

К мастичным относятся покрытия на основе битумных и асфальто-смолистых 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, а, следовательно, лучшей адгезии, между поверхностью металла и основным изоляционным слоем – битумной мастикой.

Битумные мастики представляют собой смесь тугоплавкого битума (изоляционного – БНИ-1У-3, БНИ-IV, БНИ-V; строительного – БН-70/30, БН-90/10), наполнителей (минеральных – асбеста, доломита, известняка, талька; органических – резиновой крошки; полимерных – атактического полипропилена, низкомолекулярного полиэтилена, полидиена) и пластификаторов (полиизобутилена, полидиена, масел соевых, масла зелёного, автола). Битумную мастику наносят на трубу при температуре 150–180 °С. Расплавляя холодную грунтовку, мастика проникает во все микронеровности поверхности металла, обеспечивая хорошую адгезию изоляционного покрытия.

Покрытие «Асмол» создано на основе асфальто-смолистых материалов. Оно обладает более высокими физико-механическими свойствами (пластичность, вязкость, адгезия и др.), а также имеет более низкую стоимость по сравнению с битумной мастикой. Высокое значение коэффициента теплопроводности материалов на основе нефтеполимера «Асмол» (на порядок выше, чем у битумов) позволило разработать новую технологию нанесения земельных мастик на трубопроводы в трассовых условиях – путём их экструдирования. Асмольные мастики применимы и для нанесения в условиях трубоизоляционных баз без существенного изменения технологического процесса.

Для защиты слоя битумной мастики она покрывается сверху защитной обёрткой (стеклохолстом, бризолом, бикарулом, оберткой ПДБ и ПРДБ).

Изоляционные покрытия на основе битумных мастик применяются при температуре транспортируемого продукта не более 40 °С и на трубопроводах диаметром не более 820 мм.

Полимерные покрытия

Для защиты трубопроводов применяют полимерные покрытия из следующих материалов:

- экструдированного полиолефина;
- полиуретановых смол;
- термоусаживающихся материалов;
- эпоксидных красок;
- полимерных или битумно-полимерных лент.

Полиолефины (полиэтилен, полипропилен и их сополимеры) – это высокомолекулярные углеводороды алифатического ряда, получаемые полимеризацией соответствующих олефинов.

Полиэтилен является продуктом полимеризации газообразного этилена. Он эластичен, обладает высокими механическими диэлектрическими свойствами, морозостойкостью (ниже – 70 °С), водостойкостью, устойчивостью к нефти, газу и нефтепродуктам. Однако полиэтилен горюч, имеет низкую адгезию, подвержен старению в процессе эксплуатации (под действием тепла и кислорода воздуха), а также медленно деформируется (под действием нагрузок).

Для уменьшения горючести полиэтилена в него вводят специальные добавки (оксид сурьмы, хлорированные углеводороды и др.). Одновременно повышаются его механические свойства. С целью предупреждения старения полиэтилена и соответственного ухудшения физико-механических свойств (уменьшаются морозостойкость, текучесть, относительное удлинение, ударная вязкость, повышается хрупкость) в него при изготовлении вводят стабилизаторы, например фенолы.

Полипропилен является продуктом полимеризации пропилена (газообразного гомолога этилена). Он обладает более высокой прочностью, жёсткостью и теплостойкостью по сравнению с полиэтиленом.

Полиуретаны – это полимеры, получаемые полимеризацией диизоцианатов или полиизоцианатов с соединениями, содержащими активные атомы водорода. Полиуретаны могут быть вязкими жидкостями или твёрдыми 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 практически непригодны для нанесения в полевых условиях при отрицательных температурах, т.к. имеют длительный период полимеризации, которая протекает только при положительной температуре (до 8 часов при температуре 20 °С). Кроме того, некоторые марки полиуретановых мастик токсичны.

Основу термоусаживающихся материалов составляет радиационно-вулканизированный полиэтилен трёхмерной структуры, который при тепловом воздействии на него обеспечивает усадку изделия на защищаемой поверхности. Термоусаживающиеся материалы применяются в виде обёрточных 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. Защитные свойства эпоксидных смол существенно зависят от вида отвердителя, который предопределяет способ их сушки: горячий или холодный (при температуре 15–20 °С). К недостаткам тонкоплёночных эпоксидных покрытий относятся относительно 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 этот процесс. Кроме того, они обладают высокими диэлектрическими свойствами.

Изоляционные ленты выпускают на основе полиэтилена или поливинилхлорида (ПВХ). Они состоят из полимерной плёнки-основы, на которую нанесён подклеивающий липкий слой. Основа ленты обладает необходимыми механическими и диэлектрическими свойствами, а подклеивающий слой обеспечивает требуемую адгезию с металлом трубы и герметизацию нахлёста между слоями ленты.

Большим недостатком липких полимерных лент является постепенная утрата адгезии к металлу. Поэтому примерно через 5 лет после их нанесения металл оказывается не защищённым от коррозии. Другой недостаток ленточных покрытий – образование так называемых «шатровых пустот» в околосшовной зоне, которые в дальнейшем становятся очагами коррозии.

Тип полимерного покрытия выбирается в зависимости от условий его эксплуатации. Одним из определяющих параметров является температура транспортируемого продукта T_n . Так, усиленное ленточное покрытие применяется при $T_n < 40$ °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. Есть ограничения по применению изоляционных материалов в зависимости от диаметра трубопровода. Так, некоторые типы ленточных полимерных покрытий и покрытия на основе эпоксидных красок применяются на трубах диаметром не более 820 мм, покрытия же на основе экструдированного полиолефина и на основе полиуретановых смол допускаются к применению на трубопроводах диаметром от 273 до 1420 мм.

На участках со сложными почвенно-климатическими условиями и особенно на подводных переходах, где трубы нередко укладываются методом протаскивания, к изоляционным покрытиям предъявляются особо высокие требования: значительная механическая прочность, низкая степень истираемости, высокая адгезия к металлу, химическая стойкость, долговечность. В этих условиях очень привлекательно выглядят антикоррозионные покрытия из полиуретанов. Данный 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.

Комбинированные покрытия

На протяжении многих лет в нашей стране наряду с мастичными широко применялись покрытия на основе липких полимерных лент. Опыт их использования показал, что они очень технологичны (простота нанесения, удобство механизации работ), однако легко уязвимы – острые выступы на поверхности металла, острые камешки легко прокалывают такую изоляцию, нарушая её сплошность. С этой точки зрения хороши покрытия на основе битумных мастик, проколоть которые достаточно сложно. Однако с течением времени битумные мастики «стареют»: теряют эластичность, становятся хрупкими, отслаиваются от трубопроводов.

ВНИИСПТнефть (ныне ИПТЭР) разработал конструкцию комбинированного изоляционного покрытия «Пластобит», лишенную указанных недостатков. Покрытие представляет собой комбинацию битумного и плёночного покрытий: на слой грунтовки наносится битумная мастика толщиной 3–4 мм, которая сразу же обматывается поливинилхлоридной плёнкой без подклеивающего слоя. Величина нахлёста регулируется в пределах 3–6 см. В момент намотки полимерного слоя часть мастики выдавливается под нахлёст, что обеспечивает герметизацию мест нахлёста.

Полимерный слой в конструкции покрытия «Пластобит» играет роль своеобразной «арматуры», которая обеспечивает независимо от срока службы сохранение целостности основного изоляционного слоя – битумного. В свою очередь, прокол полимерной плёнки не приводит к нарушению целостности покрытия, так как слой битумной мастики имеет достаточно большую толщину. Более того, опыт эксплуатации покрытия «Пластобит» показывает, что в местах мелких сквозных повреждений полимерной части имеет место «самозалечивание», выражающееся в вытекании части мастики через это отверстие и застывание её в виде грибка над местом повреждения.

Покрытие «Пластобит» является технологичным с точки зрения нанесения, не требует значительной перестройки применяемой до настоящего времени технологии капитального ремонта, обладает высокими защитными качествами, которые, по утверждению разработчика, не ухудшаются со временем.

Однако относительно высокая текучесть, малая ударная вязкость и слабая несущая способность материала не позволяют использовать покрытие «Пластобит» для труб диаметром более 820 мм.



Новым типом комбинированного изоляционного покрытия является «Армопластобит», отличающееся от «Пластобита» тем, что в нём в качестве армирующего материала вместо стеклохолста используется нитепрошивная стеклосетка. «Армопластобит» допускается использовать на трубопроводах диаметром до 1220 мм включительно.

В последние годы разработаны битумно-полимерные изоляционные ленты для газонефтепроводов, также являющиеся комбинированными. Так, лента ЛИБ (лента изоляционная битумная) представляет собой рулонный материал, состоящий из основы (полимерной плёнки), на которую нанесён слой битумной мастики и слой антиадгезива. Покрытие на основе ленты ЛИБ аналогично покрытию типа «Пластобит», но в отличие от последнего наносится холодным способом.

В последние годы разработаны и другие типы комбинированных изоляционных покрытий.

Способы электрохимической защиты

Практика показывает, что даже тщательно выполненное изоляционное покрытие в процессе эксплуатации стареет: теряет свои диэлектрические свойства, водоустойчивость, адгезию. Встречаются повреждения изоляции при засыпке трубопроводов в траншее, при их температурных перемещениях, при воздействии корней растений. Кроме того, в покрытиях остается некоторое количество незамеченных при проверке дефектов. Следовательно, изоляционные покрытия не гарантируют необходимой защиты подземных трубопроводов от коррозии. Исходя из этого, защита трубопроводов от подземной коррозии независимо от коррозионной активности грунта и района их прокладки должна осуществляться комплексно: защитными покрытиями и средствами электрохимической защиты (ЭХЗ).

Катодная защита

Катодная защита заключается в наведении на трубопровод специальными установками внешнего электрического поля, создающего катодный потенциал на поверхности трубы. При такой защите коррозионному разрушению подвергается электрически подключённый к защищаемому трубопроводу анод, изготовленный из электропроводных материалов.

Защита магистральных трубопроводов от почвенной коррозии осуществляется катодной поляризацией поверхности трубы установками катодной защиты (автоматическими и неавтоматическими).

Для расчёта установок катодной защиты необходимо при проведении электрометрических работ получить данные об удельном электрическом сопротивлении грунта в поле токов катодной защиты, а также в месте установки анодного заземления, иметь данные по характеристике трубопровода, виду изоляционного покрытия и наличию источников электроснабжения.

Основными параметрами установки катодной защиты являются сила тока и длина защитной зоны, в зависимости от которых принимаются мощность установки, тип и число анодных заземлителей, длина дренажных линий. Принципиальная схема катодной защиты изображена на рисунке 1.

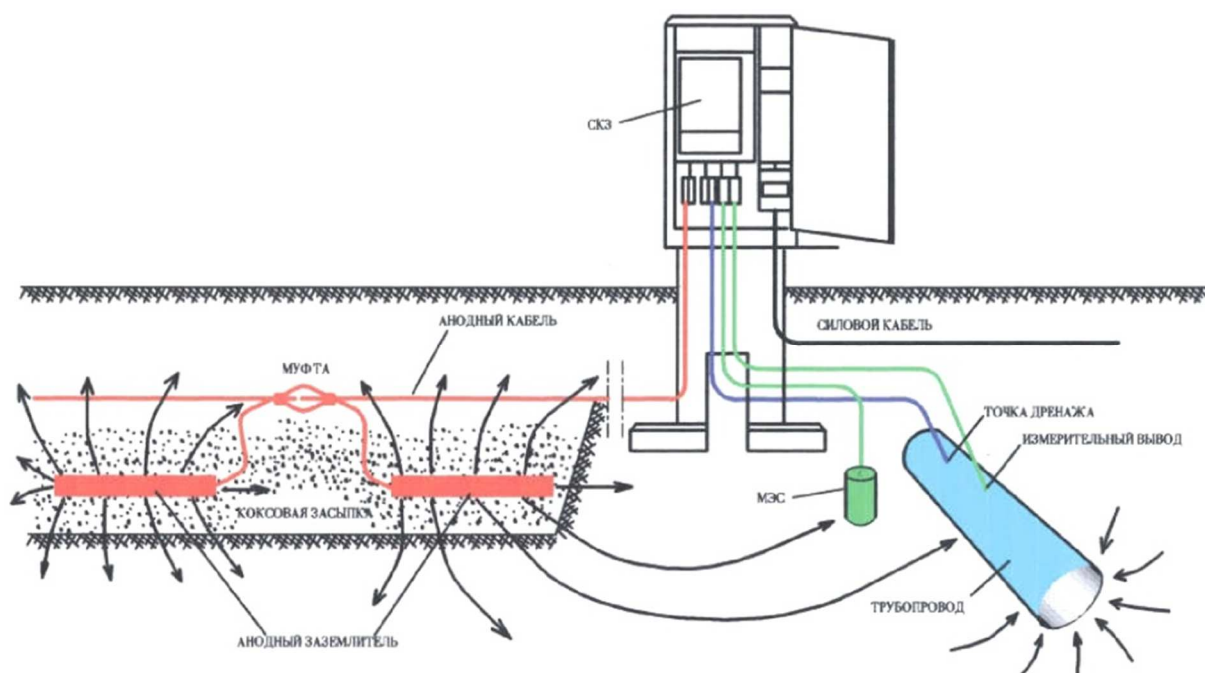


Рисунок 1 – Катодная защита трубопроводов



Протекторная защита

Протекторная защита относится к электрохимическому виду защиты трубопровода от коррозии и основана на принципе работы гальванического элемента. Она автономна, благодаря чему может использоваться в районах, где отсутствуют источники электроэнергии.

Принципиальная схема протекторной защиты изображена на рисунке 2. Наиболее распространёнными протекторами являются магниевые, потенциал которых $E_{пр}$ до подключения их к трубопроводу составляет 1,6 В. Минимальный расчётный защитный потенциал E_p^{min} составляет, так же, как и для катодной защиты – 0,85 В, естественный потенциал трубопровода по отношению к медносульфатному электроду сравнения $E_{ест} = 0,55$ В. Для повышения эффективности работы протектора его погружают в специальную смесь солей, называемую активатором.

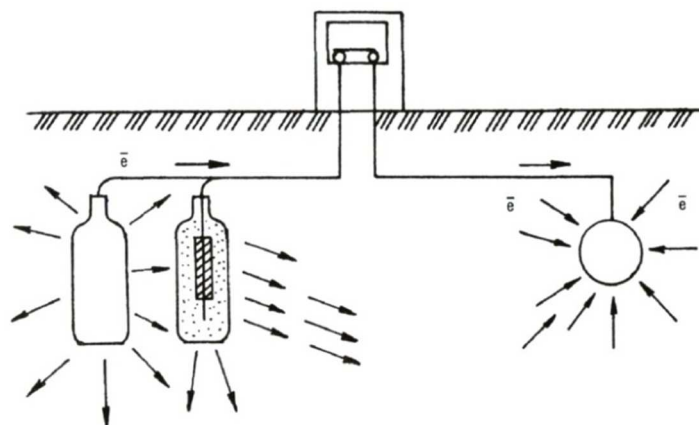


Рисунок 2 – Принципиальная схема протекторной защиты

При протекторной защите к защищаемому трубопроводу присоединяют металлический протектор (анодный электрод), имеющий более вязкий электрический потенциал, чем потенциал металла трубопровода. С применением протекторной защиты трубопровод принимает полярность катода, а протектор – анода.

Принцип действия протекторной защиты аналогичен работе гальванического элемента.

Два электрода (трубопровод и протектор, изготовленный из более электроотрицательного металла, чем сталь) опущены в почвенный электролит и соединены проводником. Так как материал протектора является более электроотрицательным, то под действием разности потенциалов происходит направленное движение электронов от протектора к трубопроводу по проводнику. Одновременно ион-атомы материала протектора переходят в раствор, что приводит к его разрушению. Сила тока при этом контролируется с помощью контрольно-измерительной колонки.

Таким образом, разрушение металла всё равно имеет место, но не трубопровода, а протектора.

Электродренажная защита

Значительную опасность для магистральных трубопроводов представляют блуждающие токи электрифицированных железных дорог, которые в случае отсутствия защиты трубопровода вызывают интенсивное коррозионное разрушение в анодных зонах. Наиболее эффективным способом защиты от блуждающих токов является электродренажная защита, основной принцип которой состоит в устранении анодных зон путем отвода (дренажа) блуждающих токов от них в рельсовую часть цепи электротяги, имеющей отрицательный или знакопеременный потенциал.

Применяют прямой, поляризованный и усиленный дренажи.

Прямой электрический дренаж – это дренажное устройство двусторонней проводимости. Схема прямого электрического дренажа включает в себя: реостат, рубильник, плавкий предохранитель и сигнальное реле. Сила тока в цепи «трубопровод – рельс» регулируется реостатом. Если величина тока превысит допустимую величину, то плавкий предохранитель сгорит, ток потечет по обмотке реле, при включении которого срабатывает звуковой или световой сигнал.

Прямой электрический дренаж применяется в тех случаях, когда потенциал трубопровода постоянно выше потенциала рельсовой сети, куда отводятся блуждающие токи. В противном случае дренаж превратится в канал для натекания блуждающих токов на трубопровод.

Поляризованный электрический дренаж – это дренажное устройство, обладающее односторонней проводимостью. От прямого дренажа поляризованный отличается наличием элемента односторон-



ней проводимости (вентильный элемент) ВЭ. При поляризованном дренаже ток протекает только от трубопровода к рельсу, что исключает натекание блуждающих токов на трубопровод по дренажному проводу.

Усиленный дренаж применяется в тех случаях, когда нужно не только отводить блуждающие токи с трубопровода, но и обеспечить на нём необходимую величину защитного потенциала. Усиленный дренаж представляет собой обычную катодную станцию, подключенную отрицательным полюсом к защищаемому сооружению, а положительным – не к анодному заземлению, а к рельсам электрифицированного транспорта.

Следует отметить, что контуры защитных заземлений технологического оборудования, расположенного на КС, ГРС, НПС и других аналогичных площадках, не должны оказывать экранирующего влияния на систему электрохимической защиты подземных коммуникаций.

Сооружение устройств электрохимической защиты отличается широким фронтом работ, растянутым на многокилометровой трассе магистрального трубопровода, наличием труднопроходимых для колёсного транспорта участков, а также многочисленностью строительно-монтажных операций.

Эффективная работа электрохимической защиты возможна только при высоком качестве монтажа всех конструктивных элементов. Для этого требуются научно обоснованная организация работ, максимальная механизация и высокая квалификация строительно-монтажных рабочих. Так как для защиты трубопроводов применяется ограниченное число типов установок, а элементы электрохимической защиты являются в основном типовыми, следует производить предварительную заготовку основных монтажных узлов и блоков в заводских условиях.

Для сооружения электрохимической защиты магистральных трубопроводов от коррозии применяются средства и установки катодной, электродренажной, протекторной защиты, электрические перемычки, контрольно-измерительные пункты и конструктивные узлы типовых проектов.

Работы по сооружению электрохимической защиты необходимо осуществлять в две стадии. На первой стадии необходимо выполнять следующие работы:

- разметку трасс участка производства работ, ЛЭП и кабелей, подготовку строительной площадки;
- выбор и обустройство места для хранения оборудования, монтажных узлов, деталей, метизов, инструментов и материалов;
- доставку техники, машин и механизмов;
- подготовку участка для производства работ;
- доставку оборудования установки катодной защиты, монтажных узлов, деталей, метизов, инструмента, приспособлений и материалов;
- разработку грунта в траншеях и котлованах. Обратную засыпку с трамбовкой после установки оборудования и кабелей до уровня, указанного в рабочей документации;
- сооружение анодных и защитных заземлений, монтаж и укладку протекторов;
- прокладку подземных коммуникаций;
- монтаж катодных и контрольных электрических выводов от трубопроводов, а также контактных соединений анодных, защитных заземлений и протекторных выводов;
- установку и закладку в сооружаемые фундаменты несущих опорных конструкций для монтажа оборудования.

Работы первой стадии следует вести одновременно с основными строительными работами по технологической части трубопровода.

Во второй стадии необходимо осуществлять работы по установке оборудования, подключение к нему электрических кабелей, проводов и индивидуальное опробование электрических коммуникаций и установленного оборудования.

Работы второй стадии должны быть выполнены, как правило, после окончания основных видов строительных работ и одновременно с работами специализированных организаций, осуществляющих пуск, опробование и наладку средств и установок электрохимической защиты по совмещённому графику.

Пуск, опробование и наладку средств и установок электрохимической защиты проводят с целью проверки работоспособности как отдельных средств и установок ЭХЗ, так и системы электрохимической защиты, ввода её в действие и установления режима, предусмотренного проектом для обеспечения электрохимической защиты участка подземного трубопровода от внешней коррозии в соответствии с действующей нормативно-технической документацией.

Обслуживание установок электрохимической защиты в процессе эксплуатации должно осуществляться в соответствии с графиком технических осмотров и планово-предупредительных ремонтов. График должен включать в себя определение видов и объёмов технических осмотров и ремонтных работ, сроки их проведения, указания по организации учёта и отчётности о выполненных работах.

Основное назначение работ по профилактическим осмотрам и планово-предупредительным ремонтам – содержание электрохимической защиты в состоянии полной работоспособности, предупреждение преждевременного износа и отказов в работе.

**Литература:**

1. Бахмат Г.В. Справочник инженера по эксплуатации нефтегазопроводов и продуктопроводов. – М. : Инфра-Инженерия, 2006. – 928 с.
2. Защита от коррозии: учебное пособие / Ф.М. Мустафин [и др.]. – Уфа : ДизайнПолиграфСервис, 2004. – Т. 1. – 806 с.
3. Защита трубопроводов от коррозии: учебное пособие / Ф.М. Мустафин [и др.]. – СПб. : Недра, 2005. – Т. 2. – 617 с.
4. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
5. Семёнова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. – М. : ООО ТИД «Альянс», 2006. – 472 с.
6. Внутренняя коррозия шлейфов добывающих скважин / Н.И. Васильев [и др.] // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 4. – С. 19–22.
7. Давлетшин Д.Ф., Мратшин А.Б., Фаресов А.В. Подбор ингибитора коррозии для условий эксплуатации объекта Арктического шельфа // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2 в 2 ч. – Ч. 1. – С. 156–158.
8. Анализ коррозионного износа трубопроводов и тепловых сетей / Н.М. Маликов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 6. – С. 150–152.
9. Микроорганизмы нефтяного пласта как одна из причин внутренней коррозии нефтепромысловых коммуникаций / И.О. Орлова [и др.] // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 2. – С. 136–138.
10. Поварова Л.В. Экологические риски, связанные с эксплуатацией нефтяных месторождений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 2. – С. 112–122.
11. Поварова Л.В., Кусов Г.В. Нормативно-техническое регулирование экологической безопасности в нефтегазовой отрасли // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 4. – С. 195–216.
12. Поварова Л.В., Мунтян В.С., Скиба А.С. Анализ современных методов защиты нефтепромыслового оборудования от коррозии // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 4. – С. 125–129.
13. Поварова Л.В., Мунтян В.С., Скиба А.С. Коррозия трубопроводов и нефтегазового оборудования // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 4. – С. 130–135.
14. Влияние коррозии нефтегазового оборудования и сверхнормативной кривизны скважин на продуктивность нефтедобычи / О.В. Савенок [и др.] // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 2. – С. 174–178.
15. Сатыбалдина С.Д., Муратова Г.К. Защита от коррозии нефтепромыслового оборудования // Новое слово в науке: перспективы развития. – 2014. – № 1 (1). – С. 237–238.
16. Тимирханов И.Ф. Проблема обеспечения коррозионной надёжности основных трубных конструкций райзера // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 274–276.
17. Шарифуллин А.В., Васюков С.И., Ямалтдинова К.А. Синтез и исследование защитных свойств ингибиторов коррозии на основе таллового масла и олеиновой кислоты // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 4. – С. 156–158.

References:

1. Bakhmat G.V. Handbook of the engineer on operation of oil and gas pipelines and product pipelines. – M. : Infra Engineering, 2006. – 928 p.
2. Corrosion protection: tutorial / F.M. Mustafin [et al.]. – Ufa : DizaynPolygraphServis, 2004. – Vol. 1. – 806 p.
3. Protection of pipelines against corrosion: tutorial / F.M. Mustafin [et al.]. – SPb. : Nedra, 2005. – Vol. 2. – 617 p.
4. Ecological aspects in building of oil and gas wells: monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M. ; Vologda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
5. Semenova I.V., Florianovich G.M., Khoroshilov A.V. Corrosion and corrosion protection. – M. : TID-Allianz Publisher, 2006. – 472 p.
6. Internal corrosion of production well plumes / N.I. Vasiliev [et al.] // Bulatov readings. – 2017. – Vol. 4. – P. 19–22.
7. Davletshin D.F., Mratshin A.B., Faresov A.V. Selection of corrosion inhibitor for the operating conditions of the Arctic shelf object // Bulatovkie readings. – 2018. – Vol. 2 in 2 part. –Part 1. – P. 156–158.
8. Analysis of corrosion wear of pipelines and heat networks / N.M. Malikov [et al.] // Bulatov readings. – 2020. – Vol. 6. – P. 150–152.
9. Oil reservoir microorganisms as one of the causes of internal corrosion of oil field communications / I.O. Orlova [et al.] // Bulatovkie readings. – 2019. – Vol. 2. – P. 136–138.
10. Povarova L.V. Environmental risks associated with the exploitation of oil fields // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2018. – № 2. – P. 112–122.
11. Povarova L.V., Kusov G.V. Regulatory and technical regulation of environmental safety in the oil and gas industry // Science. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2018. – № 4. – P. 195–216.
12. Povarova L.V., Muntian V.S., Skiba A.S. Analysis of modern methods of protection of oilfield equipment from corrosion // Bulatov Readings. – 2020. – Vol. 4. – P. 125–129.
13. Povarova L.V., Muntian V.S., Skiba A.S. Corrosion of pipelines and oil and gas equipment // Bulatov Readings. – 2020. – Vol. 4. – P. 130–135.
14. Influence of corrosion of oil and gas equipment and excessive curvature of wells on the productivity of oil production / O.V. Savenok [et al.] // Bulatovkie readings. – 2019. – Vol. 2. – P. 174–178.
15. Satybalдина S.D., Muratova G.K. Corrosion protection of oilfield equipment // New word in science: development prospects. – 2014. – № 1 (1). – P. 237–238.
16. Timirkhanov I.F. The problem of ensuring the corrosion reliability of the main pipe structures of the riser // Bulatov Readings. – 2017. – Vol. 2. – P. 274–276.
17. Sharifullin A.V., Vasyukov S.I., Yamaltdinova K.A. Synthesis and study of protective properties of corrosion inhibitors based on tall oil and oleic acid // Bulatov readings. – 2019. – Vol. 4. – P. 156–158.



УДК 621.6

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СТАРТЕРА ДЛЯ ЗАПУСКА ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

THE USE OF AN ELECTRIC STARTER TO START GAS PUMPING UNITS

Прачев Юрий Николаевич

кандидат педагогических наук,
доцент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и
газовых месторождений института наук о Земле,
Северо-Кавказский федеральный университет
iprachev@ncfu.ru

Гуныкина Татьяна Александровна

кандидат педагогических наук,
доцент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и
газовых месторождений института наук о Земле,
Северо-Кавказский федеральный университет
tatiana.stavr@yandex.ru

Шестерень Алёна Олеговна

старший преподаватель
кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и
газовых месторождений института наук о Земле,
Северо-Кавказский федеральный университет
ashesteren@ncfu.ru

Дитрих Анастасия Владимировна

старший преподаватель
кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и
газовых месторождений института наук о Земле,
Северо-Кавказский федеральный университет
azdorenko@ncfu.ru

Коломийцев Андрей Викторович

ассистент
кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и
газовых месторождений института наук о Земле,
Северо-Кавказский федеральный университет
kolomiecev94@mail.ru

Аннотация. В данной научной статье описан способ применения электрического стартера для запуска газоперекачивающих агрегатов. Авторы статьи учли недостатки применяемого на ГПА запуска с помощью турбодетандера.

Ключевые слова: трубопроводный транспорт газа, газоперекачивающий агрегат, электрический стартер.

Prachev Yurii Nikolaevich

Ph.D., Associate Professor,
Department of Oil and Gas Fields
Development and Operating at the
Institute of Earth Sciences,
North-Caucasus Federal University
iprachev@ncfu.ru

Gunkina Tatiana Aleksandrovna

Ph.D., Associate Professor,
Department of Oil and Gas Fields
Development and Operating at the
Institute of Earth Sciences,
North-Caucasus Federal University
tatiana.stavr@yandex.ru

Shesteren Alena Olegovna

Senior lecturer,
Department of Oil and Gas Fields
Development and Operating at the
Institute of Earth Sciences,
North-Caucasus Federal University
ashesteren@ncfu.ru

Dietrich Anastasia Vladimirovna

Senior lecturer,
Department of Oil and Gas Fields
Development and Operating at the
Institute of Earth Sciences,
North-Caucasus Federal University
azdorenko@ncfu.ru

Kolomiytsev Andrei Viktorovich

Assistant,
Department of Development of Oil and
Gas Fields Development and Operating at
the Institute of Earth Sciences,
North Caucasus Federal University
kolomiecev94@mail.ru

Annotation. This scientific article describes a method of using an electric starter to start gas pumping units. The authors of the article took into account the shortcomings of the launch used at the GPU using a turboexpander.

Keywords: pipeline gas transportation, gas compressor unit, electric starter.

3 апуск газотурбинного двигателя является одним из важнейших его эксплуатационных режимов. От процесса раскрутки двигателя зависит не только надежность его запуска, но и ряд других эксплуатационных характеристик.

На рубеже 1990-х–2000-х годов обозначился ряд проблем, связанных с запуском газотурбинных двигателей (ГТД), предназначенных для работы в составе газоперекачивающих агрегатов (ГПА) и газотурбинных электростанций (ГТЭС).

Широко применяемый на ГПА запуск с помощью турбодетандеров при всей своей простоте обладает существенными недостатками. Во-первых, необеспеченность требований по экологической безопасности, которую необходимо соблюдать в связи с участием России в выполнении условий Киотского протокола (международное соглашение о сокращении выбросов парниковых газов в атмосферу).



Кроме того, при установке газоперекачивающих агрегатов становится актуальным обеспечение большей взрывобезопасности при выбросе природного газа в атмосферу в процессе запуска от турбодетандера. И, наконец, необратимые потери в больших объемах ценного природного газа. По некоторым оценкам на осуществление турбодетандерного запуска двигателя суммарно в год выбрасывается до 3 млн м³ природного газа.

Такие серьезные проблемы заставили разработчиков газотурбинных двигателей искать альтернативные способы их запуска. В поисках решения ПАО «Авиадвигатель», г. Пермь обратилось к ПАО «Электропривод», ранее занимавшемуся разработкой систем электрозапуска авиадвигателей и имеющему большой опыт в разработке электроприводов, с предложением разработать электростартер для запуска ГТД.

В качестве возможных были рассмотрены два варианта исполнения системы электрозапуска: с использованием вентильных электродвигателей и асинхронных электродвигателей (АД) с частотным регулированием. Наиболее предпочтительным оказался вариант исполнения с АД. В каждый момент времени по сигналу устройства задания момента блок управления выдает на электродвигатель напряжение и частоту такого уровня, которые создают рабочий ток и развиваемый двигателем момент, обеспечивающий требуемую траекторию раскрутки газотурбинной установки.

Однако АД общепромышленного исполнения с частотой питающего напряжения 50 Гц при заданной мощности был неприемлем по габаритам из-за конструктивных ограничений при размещении и стыковке с выпускаемым ГТД. Для обеспечения требуемых габаритов было принято решение использовать АД, рассчитанный на частоту питающего напряжения 50–60 Гц. Проведенное макетирование подтвердило возможность значительного, почти десятикратного повышения энергоотдачи такого исполнения электродвигателя.

Для обеспечения запуска ГТД типа НК-16СТ и НК-16-18СТ был разработан электростартер СТЭ-18СТ (рис. 1) мощностью 65 кВт, у которого в одном корпусе с электродвигателем размещен редуктор и сцепная кулачковая муфта. Управление запуском осуществляется от блока БУС-18СТ [1, 2]. Разработанный электростартер устанавливается на место турбодетандера без доработки мест стыковки, по посадочным и присоединительным размерам, что позволяет проводить его монтаж в эксплуатационных условиях.

Блоки управления включают в себя преобразователь частоты, типа «Неуправляемый выпрямитель – транзисторный инвертор» с микропроцессорной системой управления и реализуют векторное управление асинхронным двигателем.



Рисунок 1 – Электростартер СТЭ-18СТ

Блок управления имеет программируемую логику, встроенные средства контроля и интерфейсы RS-232 и RS-485.

В 2007 г. система электрозапуска прошла приемочные испытания в газоперекачивающем агрегате ГПА-Ц-16 на компрессорной станции (КС) «Вязниковская». На основе полученных положительных результатов принято решение по оснащению всех двигателей КС «Вязниковская» системами электрозапуска, а также рекомендовано применение электростартера СТЭ-18СТ с блоком управления БУС-18СТ на других объектах ПАО «Газпром» [3, 4].

Электростартеры обладают характеристиками, которые позволяют применять их в различных климатических условиях и при механических воздействиях. Разработанные на основе высоких технологий изделия имеют малую массу и габариты, обеспечивают высокую надежность и длительный срок службы.



В процессе разработки рассматривались предложения по применению электростартера СТЭ-18СТ с блоком управления БУС-18СТ для запуска других двигателей. В условиях конкуренции с ЗАО «Кросна-Мотор», г. Москва эта система была применена для запуска двигателя НК-36, установленном на газотурбовозе ГТ-1.

Разработанные АО «Электропривод» системы электрозапуска имеют следующие сервисные устройства:

- устройство задания момента (УЗМ), которое обеспечивает плавное увеличение крутящего момента и безударное зацепление кулачковой муфты при включении электростартера;
- встроенные средства защиты по току, напряжению, а также от перегревов блока управления и электростартера.

Основные технические характеристики системы электрозапуска для двигателя НК16-18СТ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики электростартера СТЭ-18СТ

Тип электростартера	СТЭ-18СТ с блоком управления БУС-18СТ
Тип ГТУ	НК-16СТ НК16-18СТ НК-361
Объект применения	ГПА-Ц-16 Газотурбовоз ГТ-1
Мощность электростартера, кВт	65
Напряжение питания трехфазной сети, В	380
Частота напряжения, Гц	50–60
Момент развиваемый электростартером, не менее, Н × м (кг × см)	412 (42)
Частота выходного вала электростартера, об / мин	1380
– на режиме холодной прокрутки	2600
– на режиме горячего запуска	
Время торможения электродвигателя после откл., не более, с	10
Режим работы	повторно-кратковременный
Ток потребляемый электростартером, не более	120 А
Масса электростартера, кг, не более	57
Габариты электростартера, электродвигателя, мм	Ø 210 × 450
Габариты блока управления БУС, мм	1200 × 800 × 500
Масса БУС, кг	250
Срок службы, лет	20

К настоящему времени выпущено:

- более 100 систем электрозапуска СТВД-30Д-11Т с блоком управления БУС-160Т, которые устанавливаются на ГПА во многих газотранспортных предприятиях России;
- более 40 систем электрозапуска СТВД-25Д-9000 с блоком управления БУС-120Т, которые установлены на ГТЭС;
- более 40 систем электрозапуска СТЭ-18СТ с блоком управления БУС-18СТ. Нарботка лидерной системы на КС «Вязниковская» составляет свыше 12000 час.

Приведенные результаты позволяют сделать вывод о возможности решения проблем запуска газотурбинных двигателей с помощью систем электрозапуска ПАО «Электропривод».

Отделом маркетинга совместно с руководителями тематических направлений проводятся работы по расширению сферы применения систем электрозапуска на других предприятиях. С этой целью используются маркетинговые исследования, выставки, презентации, деловые контакты, участие в тендерах. В процессе этих мероприятий были оформлены протоколы о намерениях и выполнялись работы по применению систем электрозапуска с предприятиями: ПАО «Невский завод», ЗАО «Уральский турбинный завод», ПАО «КМПО», г. Казань.

АО «Электропривод» располагает многолетним опытом разработки высокотехнологичной продукции, обладает необходимой научно-технической и производственной базой для создания продукции, отвечающей требованиям научно-технической политики ПАО «Газпром» в области газоперекачивающей и другой техники.

Сейчас предприятие серийно выпускает системы электрозапуска для ГПА и ГТЭС, выполненных:

- на базе двигателей НК-16СТ, НК-16-18СТ, НК-36 и НК-37 и их модификаций для самарских и казанских моторостроителей;
- на базе двигателей Д-30ЭУ и ПС-90 и их модификаций для пермских моторостроителей.



Работы по созданию новых систем электрозапуска ведутся с ЗАО «Невский завод» (Санкт-Петербург), ПАО «Моторостроитель» (Самара), ЗАО «Уральский турбинный завод» (Екатеринбург).

В состав каждой системы электрозапуска входят:

- электростартер;
- блок управления электростартером (БУС);
- соединительные кабели.

БУС выполнен на базе преобразователя частоты с микропроцессорным управлением, имеют интерфейс RS-485 и размещены в стандартных шкафах производства RITTAL, массой 200 кг, размещенный на площадке турбины, обеспечивает работу электродвигателя по заданному алгоритму. Электростартер работает полностью в автоматическом режиме по командам с главного пульта управления турбиной.

Системы электрозапуска, производимые ПАО «Электропривод» имеют следующие характерные особенности и преимущества:

– создание асинхронного электродвигателя с повышенной частотой вращения 12 000 об / мин позволило уменьшить габариты и массу электростартеров до размеров, дающих возможность применять их вместо пневмостартеров.

– специальное устройство задания момента блока управления обеспечивает плавное увеличение крутящего момента и безударное зацепление кулачковой муфты при включении электростартера, что позволяет повысить ресурс турбины, а по мере раскрутки ротора уменьшает крутящий момент, снижая тем самым уровень потребляемой электростартером мощности;

– электрозапуск в сравнении с турбодетандерным запуском более экономичен. Так, стоимость одного запуска ГПА с двигателем НК-16-18СТ с помощью электростартера СТЭ-18СТ по затратам энергоресурсов более чем в 170 раз дешевле турбодетандерного запуска.

– электрический запуск ГТД является экологически чистым. При турбодетандерном запуске используется несжигаемый природный газ, который совершает раскрутку осевого компрессора, а затем тысячами кубометров стравливается через свечу в атмосферу. Тем самым улучшается экологическая обстановка на компрессорных станциях;

– взрывозащищенное исполнение с маркировкой 1ExdII BT3 позволяют эксплуатировать электростартеры во взрывоопасной среде;

– встроенные средства защиты по току, напряжению и от перегревов блока управления и электростартера делают эксплуатацию безопасной.

Структурная схема системы электрозапуска ГТД представлена на рисунке 2.

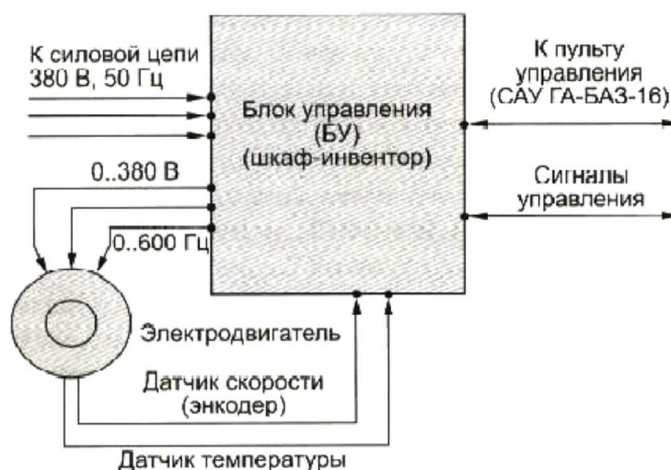


Рисунок 2 – Структурная схема системы электрозапуска ГТД

На рисунке 2 видно, из каких функциональных элементов состоит система электрозапуска: электродвигатель и шкаф управления, в котором находятся силовые полупроводниковые вентили и «электронная начинка», формирующая сигналы управления вентилями и ответственная за связь с САУ ГПА, а так же наделенная собственным «интеллектом», позволяющим в некоторых рамках адаптироваться к меняющимся (например температура окружающей среды) параметрам ГТД.

На плечи электроники ложится и обеспечение необходимых защит при работе электростартера. Список защит довольно обширен и включает в себя все типы современных защит силовых полупроводников:

- по перегрузке;
- по короткому замыканию;



- по превышению максимальной частоты вращения;
- защиту от падения входного напряжения;
- по перегреву.

Для этого в системе предусмотрены датчики температуры, заложенные в обмотки электродвигателя и датчик скорости.

Обычное время пуска 72 ... 78 с, система обеспечивает так же режимы продувки и технологической промывки газотурбинного двигателя. Выбор режима работы производится с пульта управления, дальнейшая работа системы – автоматическая по заданным циклограммам.

Перечислим ряд основных причин, которые обуславливают необходимость замены воздушных стартеров на электрические:

1. При работе воздушного стартера происходит выброс в атмосферу относительно дорогого природного газа. Время пуска, а особенно время технологических операций, связанных с промывкой и холодной прокруткой, может составлять от десятков минут до нескольких часов, количество выбрасываемого газа может достигать до тысячи кубометров.

2. Электродвигатель электростартера – обратимая электрическая машина, которая может при необходимости после пуска ГТУ работать в режиме генератора, вырабатывая десятки и сотни киловатт электроэнергии, полностью обеспечивая собственные нужды станции. И эта «опция» достается практически бесплатно! Но для этого необходимо дополнительное оборудование по энергетике.

3. Переход двигателей НК-16-18СТ в эксплуатации на систему электрозапуска с электростартером СТЭ-18СТ устраняет систему подготовки пускового газа из состава КС.

В конце хотелось бы затронуть один очень важный вопрос, встающий перед проектировщиками – откуда брать электропитание для электростартера? Конечно, если система расположена в населенном пункте или на крупной газоперекачивающей станции, то необходимый силовой ввод мощностью 100 ... 200 кВт, скорее всего, найдется. А если нет? Поскольку система может быть спроектирована на различное напряжение питания (в т.ч. и на постоянное), появляется возможность использовать в качестве источника электропитания современные гелевые стартерные аккумуляторные батареи (АКБ). Расчеты показывают, что для обеспечения одного пуска установки, аналогичной НК-16СТ, потребуется всего около 5 таких батарей общей стоимостью около 50 тыс. руб. Подзарядка батарей будет идти от электростартера, работающего в режиме генератора при запущенной турбине.

Литература:

1. Руководство по технической эксплуатации. Двигатель НК-16СТ.
2. Краткое описание и технические данные двигателя НК-16-18СТ.
3. Техническое описание блока управления БУС-18СТ АО «Электропривод».
4. Техническое описание Электростартера СТЭ-18СТ АО «Электропривод».

References:

1. Manual for technical operation. Engine NK-16ST.
2. Brief description and technical data of the NK-16-18ST engine.
3. Technical description of the control unit BUS-18ST of Electroprivod JSC.
4. Technical description of the STE-18ST electric starter of Elektroprivod JSC.



УДК 622.692.4.07:

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОКЛАДКЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПО ТЕРРИТОРИИ ОСТРОВА САХАЛИН

TECHNICAL SOLUTIONS FOR LAYING MAIN PIPELINES ON THE TERRITORY OF SAKHALIN ISLAND

Сторожева Мария Евгеньевна

старший преподаватель
кафедры геологии и нефтегазового дела,
Сахалинский государственный университет
storomariya@mail.ru

Сторожева Анна Евгеньевна

кандидат технических наук,
ведущий инженер
кафедры освоения морских нефтегазовых месторождений,
Российский государственный университет нефти и газа
(НИУ) имени И.М. Губкина
anne.storozheva@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы обеспечения безопасности сооружения и эксплуатационной надежности магистральных трубопроводов по сейсмоопасной территории острова Сахалин. Показано, что трасса трубопроводов проходит по сейсмоактивным зонам и пересекает активные разломы, способные образовать разрывы на поверхности грунта. Проведен анализ современных и уникальных технологий, использовавшихся при прокладке нефтегазопроводов в сложных инженерно-геологических, сейсмических и природно-климатических условиях. Данные технологии могут найти успешное применение при проектировании и строительстве трасс нефтегазопроводов в различных регионах страны.

Ключевые слова: магистральный трубопровод, прокладка трубопровода, технологии, сложные инженерно-геологические условия, сейсмичность, тектонический разлом.

Storozheva Maria Evgenievna

Senior Lecturer,
Department of Geology and
Petroleum Engineering,
Sakhalin State University
storomariya@mail.ru

Storozheva Anna Evgenievna

Candidate of Technical Sciences,
Leading Engineer at the Department of
Offshore Oil and Gas Fields Development,
Gubkin Russian State University of Oil
and Gas (National Research University)
anne.storozheva@gmail.com

Annotation. The article discusses the issues of ensuring the safety of construction and operational reliability of main pipelines on the earthquake-prone territory of Sakhalin Island. It is shown that the pipeline route passes through seismically active zones and crosses active faults that can form ruptures on the ground surface. The analysis of modern and unique technologies used in the construction of oil and gas pipelines in complex geotechnical, seismic and climatic conditions is carried out. These technologies can be successfully applied in the design and construction of oil and gas pipelines in various regions of the country.

Keywords: main pipeline, pipeline laying, technologies, complex geotechnical conditions, seismicity, tectonic fault.

При прокладке трубопроводов (ТП) необходимо особо учитывать многочисленные сейсмические и геодинамические опасности и характеристики грунтов района работ. Основная задача расчетов сейсмических и опасных геологических факторов заключается в обеспечении защиты жизни и безопасности персонала и населения, в предупреждении ущерба окружающей среде в результате выбросов и разливов углеводородов, в максимальном сокращении ущерба объектам, предотвращении остановок технологического процесса.

Одним из самых сложных в техническом и инженерном плане сооружений на острове Сахалин является транссахалинская трубопроводная система (ТСС) проекта «Сахалин-2» (рис. 1), она же – один из самых уязвимых с точки зрения сейсмической угрозы элементов проекта. По сейсмическому районированию территории России Сахалин классифицируется как сейсмоопасная зона. Район прохождения трассы трубопроводов относится к 9-балльной зоне интенсивности сейсмических воздействий [1].

Маршрут наземных нефтегазопроводов пересекает почти всю территорию острова (протяженность каждой из двух ниток трубопровода составляет 800 км) и проходит через 19 тектонических разломов, где риск воздействия сейсмических явлений достаточно высок [3]. Перечень пересечений трассы трубопроводов с активными разломами представлен в таблице 1.

Трубопроводы пересекают две разломные зоны. Имеется одно пересечение через Горомайский разлом и 18 пересечений в зоне Ключевского разлома. Последний разлом проходит в основном параллельно трассе трубопроводов на большей ее части.

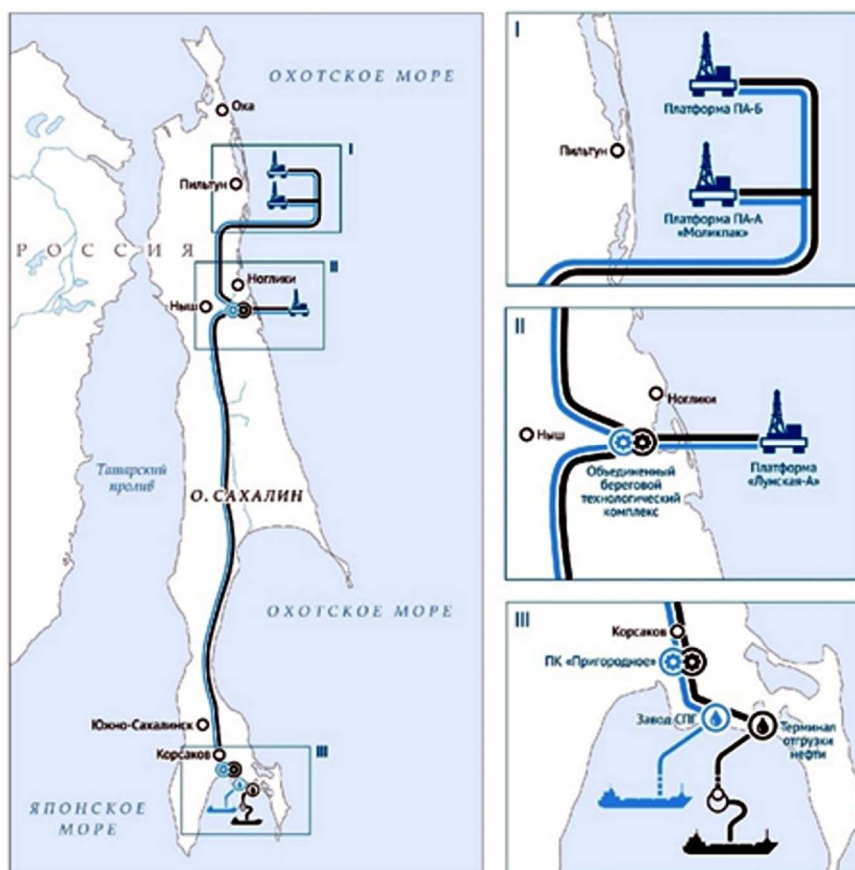


Рисунок 1 – Схема инфраструктуры проекта «Сахалин-2» [2]

Таблица 1 – Перечень пересечений ТТС с тектоническими разломами

№	Название разлома	Тип разлома
1	Пильтун-Горомайский	Правосторонний взбросо-сдвиг
2	Ключевской разлом, участок у поселка Ясное	Взброс
3	Ключевской разлом, участок у Десятой речки	Взброс
4	Ключевской разлом, Южно-Хандасинский участок	Взброс
5	Ключевской разлом, ответвление от основного разлома	Взброс
6	Ключевской разлом, Побединский участок	Взброс
7	Ключевской разлом, Смирныховский участок	Взброс
8	Ключевской разлом, Гастелловский участок	Взброс
9	Гастелловский разлом поднятого крыла	Левосторонний сдвиго-взброс
10–13	Восточно-Макаровские разломы	Правосторонний сдвиго-взброс
14	Западно-Макаровский разлом	Правосторонний сдвиго-взброс
15	Пересечение с разломом реки Черной	Левосторонний сдвиго-взброс
16	Переход через разлом реки Кирпичной	Диагональный правосторонний
17	Ключевской разлом, участок к югу от пос. Советское	Взброс
18	Ключевской разлом, участок реки Лебяжья	Взброс
19	Ключевской разлом, участок к западу от Южно-Сахалинска	Взброс

Трубопроводы пересекают две разломные зоны. Имеется одно пересечение через Горомайский разлом и 18 пересечений в зоне Ключевского разлома. Последний разлом проходит в основном параллельно трассе трубопроводов на большей ее части.

Преобладающие типы разломов в северной, центральной и южной частях острова различаются. В то время как в центральном и южном районах преобладают надвиги, на севере острова развиты преимущественно сдвиги. Различия в характере тектонических движений отражаются в сглаженности рельефа северного Сахалина по сравнению с расчлененным рельефом южной части острова.

Наиболее значительные сейсмические опасности для нефте- и газопроводов – это сейсмические события, которые вызывают постоянное смещение пород (ПСП) вдоль или поперек трасс трубо-



проводов, т.е. подвижки земной коры за счет тектонических нарушений, боковое смещение горных пород за счет размывов и оползней. ПСП представляет собой серьезную угрозу для трубопроводов потому, что заглубленный под землю трубопровод может деформироваться вдоль и поперёк своей оси. Зачастую ПСП, вызывает механические напряжения в заглубленных трубопроводах, которые намного превосходят напряжения, испытываемые в нормальных условиях эксплуатации.

Разломы, пересекаемые трассой трубопроводов, относятся к естественным препятствиям и представляют значительную опасность для заглубленного трубопровода: если во время сейсмического события разрыв выйдет на поверхность, трубопроводу придется противостоять значительным дифференциальным смещениям поперек зоны разрыва.

Для предупреждения повреждения, там, где это было возможно, маршруты ТТС были проложены в обход сейсмически опасных районов, в особенности таких, где присутствуют тектонические нарушения и вероятность оползней. Повсеместно осуществлялись мероприятия по усилению сейсмостойчивости этих объектов.

Сооружение трубопроводов осуществлялось траншейным способом. Эту технологию при пересечении сейсмоактивных зон применяли впервые. Нефтепровод и газопровод укладывались параллельно друг другу в разные траншеи [4].

На горных участках трассы трубопроводов, при оползнях, где требовалось большое заглубление, использовались технологии, в том числе с модификацией буровзрывного метода. Для укрепления откосов, тектонических разломов по трассе применялись армогрунтовые конструкции: системы «Зеленый террамент» с «Биомат». Все материалы были разработаны специально для применения на территории Сахалина. В твердых породах для предотвращения повреждения изоляции использовался скальный лист. Для возведения подпорных стен и укрепления берегов водотоков применялись матрацы «Рено», габионовые конструкции и георешетки.

При сооружении переходов через реки и ручьи рыбохозяйственного значения широко применялся усовершенствованный метод наклонно-направленного бурения. На восьми реках переходы выполнены методом горизонтально-направленного бурения общей протяженностью 19 км [5].

До и после укладки трубопроводов проводился мониторинг опасных геологических процессов, предупреждение обрушения, деформаций. Разработанные проектные решения по вопросам сейсмического мониторинга и других опасных геологических процессов, основаны на передовом опыте крупных нефтегазовых проектов, а некоторые являются уникальными.

Технологии, применяемые при прокладке трубопроводов ТТС, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технологии, использованные при прокладке трубопроводов

Технология	Объект использования
Модификация буровзрывного метода	Горные участки ТП, подверженные оползням
Траншея со стенкой с геомембраной	Почти на всей протяженности ТП
Горизонтально-направленное бурение	Залив Чайво (1350 м), р. Вал (750 м), р. Найба, р. Тымь, р. Вази, р. Буюклинка, р. Фирсовка, р. Найба (реки рыбохозяйственного значения)
Сухой метод строительства через водные объекты	Небольшие по глубине водотоки, которые пересекает трасса ТП
Мокрый метод строительства	Реки, не имеющие рыбохозяйственного значения
Коробчатые габионы	На всем протяжении ТП «Сахалин-1» и «Сахалин-2»
Матрацы «Рено»	На всем протяжении ТП «Сахалин-1» и «Сахалин-2»
Прокладка на полках, сделанных в скальных грунтах	Район горы Вайда
Армогрунтовые конструкции	Пересечение тектонических разломов

Анализ сезонной изменчивости кинематических и морфологических параметров ледяного покрова акваторий сахалинских месторождений нефти и газа показывает отсутствие их аналогов в мировой практике. Так, юго-западный шельф острова характеризуется легкими ледовыми условиями при средней продолжительности ледового периода около 2-х месяцев, а северо-восточный шельф – тяжелыми ледовыми условиями при продолжительности ледового периода до 9 месяцев в году.

В связи с вышеперечисленными факторами береговые переходы трубопроводной системы по проекту «Сахалин-1» в Охотском море сооружались методом строительства подводных переходов наклонно-направленным бурением для двух трубопроводов 24" и 36" через залив Чайво.

Для устранения потенциального риска повреждения подводными льдами береговых переходов трубопроводов по проекту «Сахалин-2» в Охотском море, укладка трубопроводов на участках, где



глубина моря составляет менее 30 метров, осуществлялась в предварительно подготовленную траншею в прибрежной зоне и на участке пересечения береговой линии (рис. 2).

При этом ширина траншеи зависела от возможностей оборудования, производящего подготовку траншеи и укладку трубопроводов, и от диаметра укладываемых трубопроводов (табл. 3).



Рисунок 2 – Траншея для береговых трубопроводов проекта «Сахалин-2»

Таблица 3 – Проектные параметры траншеи для береговых трубопроводов

Диаметр труб, мм	Диаметр труб с покрытием, мм	Количество ниток труб в одной траншее	Расстояние между осями труб, м	Откос (метод крепления стенок)	Ширина по дну, м
14" (~350)	~ 510 (бетонное)	4	5	1:0 (коффердам)	18

Технологии, успешно использованные при прокладке магистральных трубопроводов на территории уникальной по сложности геологических и природно-климатических условий острова Сахалин, можно использовать в различных регионах страны.

Литература:

1. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81* (с Изменением № 1).
2. Сахалин-2. ПАО Газпром. – URL : <https://www.gazprom.ru/projects/sakhalin2/> (дата обращения: 30.03.2021)
3. Транссахалинская трубопроводная система. Сахалин Энерджи Инвестмент Компани ЛТД. – URL : <http://www.sakhalinenergy.ru/ru/company/assets/pipelines/> (дата обращения: 30.03.2021)
4. Надеин В.А., Иванцов О.М. Сахалинский трубопроводный меридиан // Трубопроводный транспорт (теория и практика). – 2009. – № 3 (15). – С. 10–17.
5. Иваницкая Е.В. Использование новых технологий при сооружении трубопроводных систем Сахалин-1 и Сахалин-2 // Трубопроводный транспорт (теория и практика). – 2010. – № 1 (17). – С. 8–13.

References:

1. SP 14.13330.2018 Construction in seismic areas. Revised edition of SNiP II-7-81* (as amended № 1).
2. Sakhalin-2. PJSC Gazprom. – URL : <https://www.gazprom.ru/projects/sakhalin2/> (accessed 30.03.2021).
3. Transsakhalin pipeline system. Sakhalin Energy Investment Company Ltd. – URL : <http://www.sakhalinenergy.ru/ru/company/assets/pipelines/> (access date: 30.03.2021)
4. Nadein V.A., Ivantsov O.M. Sakhalin pipeline meridian // Pipeline transport (theory and practice). – 2009. – № 3 (15). – P. 10–17.
5. Ivanitskaya E.V. Application of New Technologies in Construction of Sakhalin-1 and Sakhalin-2 Pipeline Systems // Pipeline Transport (Theory and Practice). – 2010. – № 1 (17). – P. 8–13.

**ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ
В НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY
IN THE OIL AND GAS INDUSTRY**



УДК 621.311

СНИЖЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ СЖИГАНИИ ЖИДКОГО ТОПЛИВА

REDUCING ENVIRONMENTAL RISKS WHEN BURNING LIQUID FUEL

Андрейко Наталья Геннадьевна

кандидат технических наук,
доцент кафедры теплоэнергетики и теплотехники,
Кубанский государственный технологический университет
89882481491@mail.ru

Захарченко Евгения Ивановна

кандидат технических наук, доцент,
заведующая кафедрой геофизических методов
поисков и разведки,
Кубанский государственный университет
evgenia-zax@yandex.ru

Захарченко Юлия Ивановна

старший преподаватель
кафедры геофизических методов поисков и разведки,
Кубанский государственный университет
ofis-2010@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается использование затопленного мазута для теплоснабжения прибрежных зон. Переход на использование водотопливных эмульсий с использованием диспергатора вместо традиционных мазутов позволит упростить технологию, увеличить срок хранения мазута, снизить теплотери в котле, снизить концентрацию вредных примесей в продуктах сгорания.

Ключевые слова: теплоснабжение, мазут, водотопливные эмульсии, диспергатор, экология.

Andreiko Natalya Gennadyevna

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of
Heat Power Engineering and
Thermal Engineering,
Kuban State Technological University
89882481491@mail.ru

Zakharchenko Evgenia Ivanovna

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Head of the Department of Geophysical
Methods Prospecting and Exploration,
Kuban State University
evgenia-zax@yandex.ru

Zakharchenko Yulia Ivanovna

Senior Lecturer,
Department of Geophysical Methods of
Prospecting and Exploration,
Kuban State University
ofis-2010@yandex.ru

Annotation. The article discusses the use of flooded fuel oil for heat supply in coastal zones. The transition to the use of water-fuel emulsions using a dispersant instead of traditional fuel oils will simplify the technology, increase the shelf life of fuel oil, reduce heat loss in the boiler, and reduce the concentration of harmful impurities in the combustion products.

Keywords: heat supply, fuel oil, water-fuel emulsions, dispersant, ecology.

Одна из проблем природопользования – котельные, работающие на жидком топливе, так как и сегодня существуют районы, где степень газификации достаточно небольшая. При сжигании мазута на котельных приходится сталкиваться с проблемами, которые влияют на надежность работы энергетического оборудования, приводят к неоправданным затратам топлива и главное – к загрязнению атмосферы [1]. Так как особенностью мазута является его обводненность, то в связи с этим можно выделить следующие проблемы:

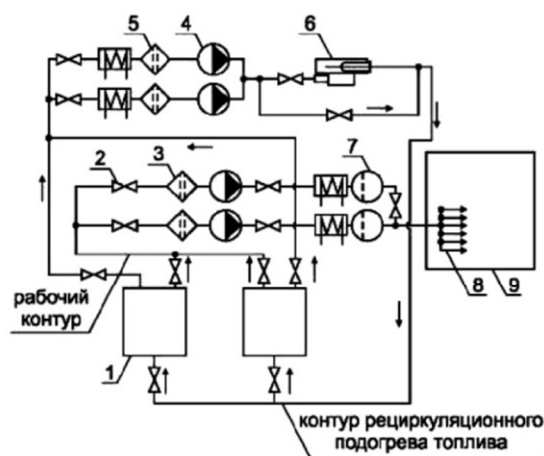
- после того, как вода отстоится, она может быть слита из ёмкости хранения мазута, но лишь частично. Значительная ее доля неравномерно распределяется по объему мазута, что и является причиной проблем, возникающих при горении топлива;
- удаление воды из объема мазута сопряжено с потерями времени и дополнительными денежными затратами;
- загрязнение окружающей среды продуктами сгорания мазута (оксиды азота, сажа, бензапирен) и сбросными водами, содержащими нефтепродукты.

К тому же, последнее время наблюдается ухудшение качества поставляемого мазута, вследствие интенсификации переработки нефти (с целью получения большего количества светлых продуктов). Это приводит к повышению вязкости и температуры вспышки мазута. А использование вязких и тяжелых мазутов сопряжено со значительными трудностями: как при хранении, так и при сжигании.

Но всегда ли это плохо – обводнение мазута? Благодаря новым системам эмульгирования мазутных смесей наличие в их составе молекул углеводорода теперь стало преимуществом. При соблюдении всех основных правил правильного диспергирования обводненный мазут значительно меняет свои физико-химические свойства.



Для этого необходимо диспергатор врезать в схему мазутного хозяйства (рис. 1). Обводненные нефтепродукты (содержание воды 20 % и выше) прокачиваются через диспергатор. Внутри него достигается разрыв сплошности топлива под действием мощных сдвиговых напряжений, что порождает пустоты (так называемые каверны), а внутри каверн – пары жидкости и газы (последние перед тем были растворены в жидкости). Кавитационные пузырьки образуются в тех местах каверн, где давление в жидкости становится ниже некоторого критического. Эти явления вызывают вторичные эффекты в жидкости, которые способствуют интенсивному смешению, дроблению и диспергированию компонентов эмульсии. Кавитационный процесс реализован таким образом, что все ударно-волновые явления происходят непосредственно в потоке жидкости, не затрагивая материала корпуса и элементов конструкции, чем обеспечивается долговечность диспергатора.



1 – резервуары для хранения мазута; 2 – запорная арматура;
3, 5 – фильтры грубой очистки; 4 – насосы линии рециркуляции;
6 – диспергатор; 7 – фильтры тонкой очистки; 8 – блок горелок; 9 – котел

Рисунок 1 – Врезка диспергатора в систему мазутного хозяйства

В процессе прямых гидроударов высокой амплитуды (генерируются, когда внутренний ротор циклически перекрывает каналы вихревых камер внешнего ротора) происходят структурные и молекулярные изменения агломератов, изначально присутствующих в мазуте, разрушение органических и минеральных примесей. Обеспечивается интенсивное перемешивание и диспергирование даже многокомпонентных несмешиваемых жидкостей (с наличием твердых включений). В результате получается однородная воднотопливная эмульсия [2].

Переход на использование водномазутной эмульсии взамен традиционных мазутов обеспечивает следующие преимущества [3].

1. Существенно упрощается технология и снижаются энергозатраты на подготовку жидкого топлива к сжиганию. Это достигается тем, что из цикла топливоподготовки исключаются операции отстаивания, дренирования и очистки загрязненной нефтепродуктами воды. Таким образом, не требуется расход пара и электроэнергии на длительный прогрев топлива в ёмкостях хранения, обеспечивающих отстаивание воды, присутствующей в мазуте после его приемки. Появляется возможность создания бессточных мазутных хозяйств, исключающих сбросы замазученных вод в окружающую среду, что становится особенно актуально в рекреационных зонах.

2. Хранение водномазутной эмульсии в мазутных ёмкостях может осуществляться при значительно более низких температурах по сравнению с регламентом длительного хранения мазутов. Это обеспечивает сохранение его качественных характеристик (меньше испаряется легких углеводородов, не ухудшаются текучесть и гомогенность топлива, его способность к воспламенению в топке, не происходит выпадение парафиновых фракций).

3. Достигается высокая полнота сгорания топлива на режимах с малыми избытками подачи воздуха. Уменьшаются потери тепла с уходящими газами, химическим и физическим недожогом топлива.

4. Обеспечивается снижение температур подогрева мазута перед подачей на сжигание (со 100–1200 С до 65–700 С), а также снижение требований к параметрам распыляющего агента (пара или сжатого воздуха для паро-механических форсунок) вплоть до полного исключения использования сжатого воздуха (замена форсунок на ротационные). Это позволяет снизить расход вырабатываемого котлами тепла на обеспечение технологических нужд котельной.

5. В мазут может быть добавлено до 50 % стоков мазутохранилищ (в зависимости от конкретного соотношения в стоках воды и мазута). Добавление в мазут стоков и последующая диспергация позволяет возратить в хозяйственный оборот весь содержащийся в стоках мазут, при этом достига-



ется экономия кондиционного топлива. Попутно решается проблема утилизации стоков и предотвращаются штрафные санкции за загрязнение окружающей среды.

Сжигание мазута с добавлением влаги приводит к снижению уровня температур в зоне максимальной генерации оксидов азота, а, следовательно, к значительному (на 30-50 %) снижению их концентрации в дымовых газах. Еще более глубокого подавления оксидов азота можно достигнуть в том случае, если вместе со сточными водами использовать растворы азотсодержащих веществ. Для снижения концентрации оксидов серы при сжигании сернистых мазутов в составе добавочных вод можно использовать раствор или слабую взвесь $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Снижение концентрации бензапирена в дымовых газах возможно путем ввода влаги в зону горения с последующей диссоциацией молекул воды на ионы H^+ и OH . Кроме того, перевод котлов на сжигание водномазутной эмульсии с добавками сточных вод не вызывает необходимости существенного изменения их конструктивного исполнения (в схему мазутного хозяйства вносятся лишь незначительные изменения) [4].

Литература:

1. Геллер С.В. Приготовление водомазутных эмульсий посредством волновой дисперсии // Новости теплоснабжения. – 2010. – № 4.
2. Батуев С.П. Улучшение экономических и экологических параметров котельных при сжигании водомазутных эмульсий // Новости теплоснабжения. – 2008. – № 12 (100).
3. Уменьшение вредных выбросов в атмосферу при сжигании водомазутной эмульсии в паровом котле / В.Д. Юсуфова [и др.] // Промышленная энергетика. – 1984. – № 7.

References:

1. Geller S.V. Preparation of water-oil emulsions by means of wave dispersion // News of Teplosnovy. – 2010. – № 4.
2. Batuev S.P. Improvement of the economic and ecological parameters of the boiler-houses at combustion of the water-oil emulsions (in Russian) // News in the heat supply. – 2008. – № 12 (100).
3. Decrease in harmful emissions into atmosphere at combustion of the water-oil emulsion in the steam boiler (in Russian) / V.D. Yusufova [et al.] // Industrial power engineering. – 1984. – № 7.



УДК 665.622.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ СЕПАРАТОРОВ**IMPROVING THE OPERATION OF OIL AND GAS SEPARATORS****Ахметзанова Рузиля Наилевна**

магистр
кафедры химической технологии переработки нефти и газа,
Казанский национальный исследовательский
технологический университет
hgf7@mail.ru

Емельянычева Елена Анатольевна

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры химической технологии
переработки нефти и газа,
Казанский национальный исследовательский
технологический университет

Абдуллин Аяз Илнурович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры химической технологии
переработки нефти и газа,
Казанский национальный исследовательский
технологический университет

Аннотация. В статье рассматриваются современные решения для модернизации конструкций нефтегазовых сепараторов. Можно выделить следующие тенденции в области конструирования этих аппаратов: введение новых элементов в конструкцию сепаратора или модернизация уже существующих; применение методов автоматизации; технические решения, направленные на решение основных проблем при работе нефтегазовых сепараторов; повышение качества разделения водонефтяной смеси. Повышение эффективности сепарации нефти от газа достигается за счет введения каплеуловителя, депульсатора, фильтров различной конструкции, использования ультразвуковых волн, барботажных тарелок, контрольно-измерительных приборов, дополнительного подогрева нефтегазовой смеси.

Ключевые слова: нефтегазовый сепаратор, конструкция, модернизация, нефть, водонефтяная смесь.

Akhmetzanova Ruzilya Nailevna

Master of the Department of Chemical
Technology of Oil and Gas Processing,
Kazan National Research
Technological University
hgf7@mail.ru

Emelyanycheva Elena Anatolyevna

Ph. D., Associate Professor of Chemical
Technology of Oil and Gas Processing,
Kazan National Research
Technological University

Abdullin Ayaz Ilnurovich

Ph. D., Associate Professor of Chemical
Technology of Oil and Gas Processing,
Kazan National Research
Technological University

Annotation. The article deals with modern solutions for the modernization of the structures of oil and gas separators. The following trends in the design of these devices can be distinguished: the introduction of new elements in the design of the separator or the modernization of existing ones; the use of automation methods; technical solutions aimed at solving the main problems in the operation of oil and gas separators; improving the quality of separation of the water-oil mixture. Increasing the efficiency of oil-gas separation is achieved through the introduction of a drop catcher, depulsator, filters of various designs, the use of ultrasonic waves, bubbling plates, control and measuring devices, additional heating of the oil and gas mixture.

Keywords: oil and gas separator, construction, modernization, oil, oil-water mixture.

Нефтегазосепараторы применяются на нефтяных месторождениях для отделения газа от нефти и очистки попутного газа от частиц влаги, аэрозолей, мелких частиц. Оборудование активно используется на газораспределительных станциях, в энергетических комплексах, также применяется на входных, промежуточных и концевых ступенях промысловых установок подготовки нефти и газа [1].

Ухудшение физико-химических свойств нефти, повышение требований к качеству сдаваемой продукции заставляет изменять и совершенствовать конструкции нефтегазовых сепараторов.

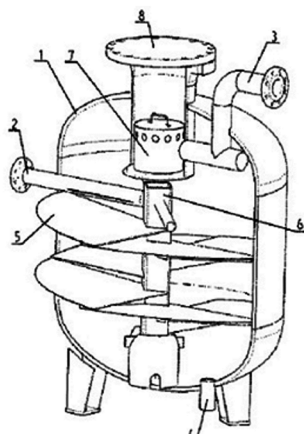
Можно выделить следующие тенденции совершенствования работы нефтегазовых сепараторов:

1. Введение новых элементов в конструкцию сепаратора или модернизация уже существующих;
2. Применение методов автоматизации;
3. Технические решения, направленные на решение основных проблем при работе нефтегазовых сепараторов;
4. Повышение качества разделения водонефтяной смеси.

В качестве нового элемента в конструкцию сепаратора может быть введен съемный каплеуловитель, изображенный на рисунке 1 (позиция 7) [2].



Устройство 7 заполнено волокнистым материалом и является съемным для периодической замены наполнителя. Авторы заявляют о повышении эффективности работы сепаратора за счет того, что капельная влага не проходит сквозь волокна и задерживается в каплеуловителе [2].



1 – емкость, 2 – штуцер ввода нефтегазовой смеси, 3 – штуцер вывода газа, 4 – штуцер вывода нефти, 5 – сливные полки, 6 – опора, 7 – каплеуловитель, 8 – люк

Рисунок 1 – Нефтегазовый сепаратор

Для приема нефтегазоводяной эмульсии можно применять депульсатор, изображенный на рисунке 2 [3].

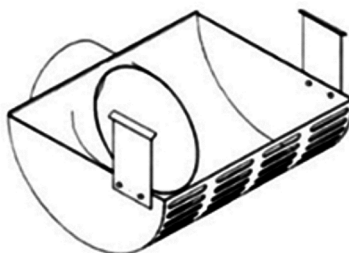
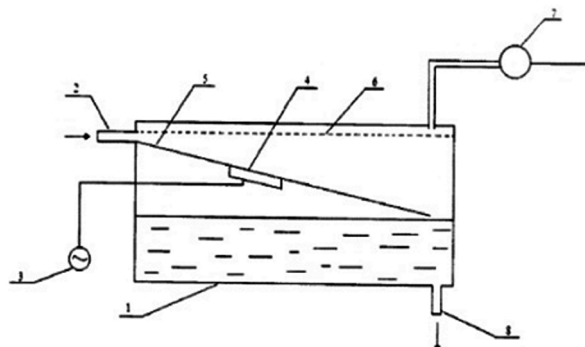


Рисунок 2 – Депульсатор

Устройство гасит пульсацию поступающего потока и образовавшуюся пену, является съемным и выполнено в виде перфорированной полуобечайки [3].

Для повышения качества сепарации возможно применение излучателя ультразвуковых колебаний, который формирует ультразвуковые волны в стекающей по желобу нефти. Ультразвуковая волна представляет собой волну давления в нефти, и сопровождается чередованием высоких и низких давлений, что приводит к «вскипанию» нефти. Образующиеся пузырьки газа за счет подъемной силы всплывают в толще нефти. При их подъеме они соединяются за счет действия сил поверхностного натяжения, происходит «слипание» пузырьков [4]. Конструкция нефтегазового сепаратора с излучателем представлена на рисунке 3.



1 – емкость, 2 – штуцер ввода нефти, 3 – генератор, 4 – излучатель ультразвуковых колебаний, 5 – наклонный желоб, 6 – каплеотбойник, 7 – газосборник, 8 – штуцер вывода дегазированной нефти

Рисунок 3 – Конструкция нефтегазового сепаратора с излучателем



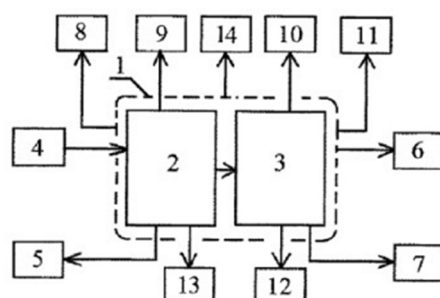
Возможен вариант подачи газа через перфорированную трубу под слой нефти (в горизонтальных сепараторах) [5], а для большего эффекта применяют специальные барботажные тарелки. Считается, что поток газа, проходя через нефтегазовую смесь, объединяется с мельчайшими частицами газа и уносит их, что приводит к улучшению качества сепарации [6].

Кроме того, в горизонтальных сепараторах может применяться дополнительный подогрев смеси для уменьшения ее вязкости. Устройство представляет собой секционный трубчатый тупиковый нагреватель, который приводит к подъему потока нефтегазовой смеси над нагревателем, снижению ее вязкости, увеличению размеров пузырьков газа, ускорению их движения вверх вместе с растворенными пузырьками газа [5].

Для повышения эффективности сепарации важно применение современных методов автоматизации. Используются различные контрольно-измерительные приборы, например, датчик температуры 14 для температурной коррекции измерения плотности нефтесодержащей смеси, изображенный на рисунке 4 [7].

Устройство содержит корпус нефтегазосепаратора, состоящий из гидравлически связанных первой и второй камер, разделенных перегородкой. Первая камера соединена с входом нефтегазовой смеси и выходом воды, вторая – с выходом нефти, а корпус – непосредственно с выходом газа. Управление процессом сепарации осуществляется входным вентилем нефтегазовой смеси, газовым вентилем, насосами воды и нефти на основании показаний датчиков уровня жидкости, давления жидкости, давления газа и температуры. Плотность воды и нефти не одинаково изменяются в зависимости от температуры. Для коррекции результатов измерения плотности нефтесодержащей жидкости при разных температурах в устройство введен датчик температуры 14 [7].

Учет температуры нефтесодержащей смеси дает более объективную информацию для управления исполнительными устройствами 4–7. В результате повышается эффективность работы нефтегазосепаратора [7].



- 1 – корпус, 2, 3 – гидравлически связанные, разделенные перегородкой камеры,
 4 – входной вентиль нефтесодержащей смеси, 5 – водяной насос,
 6 – выходной газовый вентиль, 7 – нефтяной насос,
 8 – аварийный датчик уровня жидкости, 9 – датчик уровня жидкости первой камеры,
 10 – датчик уровня жидкости второй камеры, 11 – датчик давления газа,
 12 – датчик давления жидкости второй камеры,
 13 – датчик давления жидкости первой камеры, 14 – датчик температуры

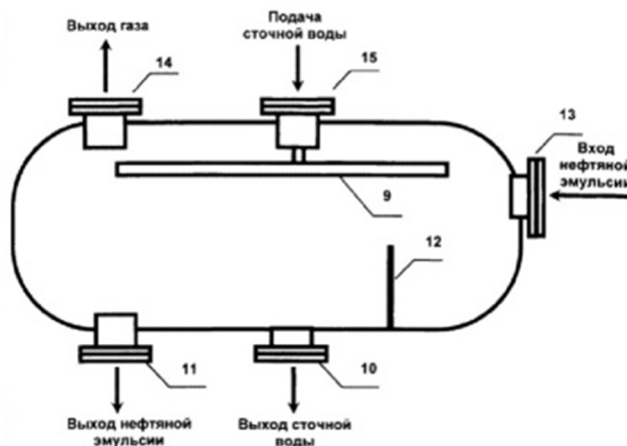
Рисунок 4 – Трехфазный горизонтальный нефтегазосепаратор с температурной коррекцией измерения плотности нефтесодержащей смеси

Технические решения, направленные на решение основных проблем при работе нефтегазовых сепараторов. При сепарации механические примеси осаждаются на дно аппарата, для того, чтобы не останавливать его работу, используют устройство для периодического гидроразмыва осадков, соединенное со штуцером подачи размывочной воды, а также датчик-сигнализатор накопления осадков [8].

Проблема пенообразования решается путем создания эффекта «дождя» при подаче сточной воды с установки предварительного сброса пластовой воды через распределительное устройство, расположенное в верхней части аппарата. Для достижения наилучшего эффекта пеногашения применяют предварительно нагретую сточную воду, при этом в сточной воде содержится некоторое количество деэмульгатора. Отверстия распределительного устройства подачи сточной воды выполняются в виде прорезей или распылительных насадок. Таким образом происходит разрушение пены [9]. На рисунке 5 представлена конструкция аппарата с эффектом пеногашения.

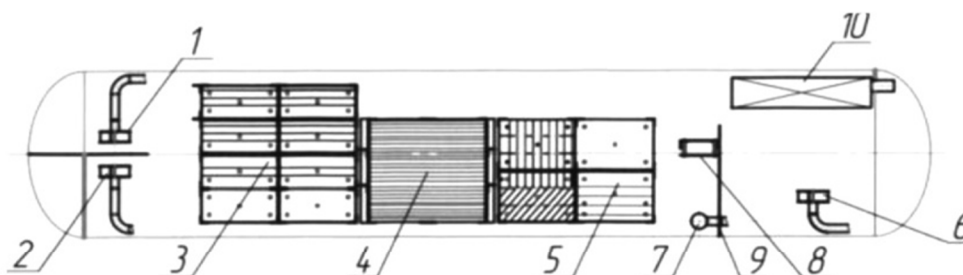
Для нефтегазовых сепараторов со сбросом воды важным является повышение качества разделения водонефтяной смеси.

Конструкция нефтегазового сепаратора со сбросом воды с фильтром представлена на рисунке 6 [10].



- 9 – распределитель для подачи сточной воды с установки предварительного сброса пластовой воды,
- 10 – патрубок отвода сточной воды,
- 11 – патрубок для выхода нефтяной эмульсии,
- 12 – перегородка, 13 – патрубок подачи нефтяной эмульсии,
- 14 – патрубок отвода газа, 15 – патрубок подачи сточной воды

Рисунок 5 – Конструкция нефтегазового сепаратора с эффектом пеногашения



- 1 – узел ввода газожидкостной смеси,
- 2 – узел ввода воды от аппарата пескоуловителя,
- 3 – фильтр тонкослойного течения, 4 – фильтр массообменный трубный,
- 5 – фильтр массообменный пластинчатый, 6 – узел отвода нефти,
- 7 – узел отвода воды, 8 – узел «стоп-промслои»,
- 9 – нефтепереливная перегородка, 10 – каплеуловитель пластинчатый

Рисунок 6 – Конструкция нефтегазового сепаратора со сбросом воды

Фильтр тонкослойного течения 3 предназначен для повышения интенсивности процесса деэмульсации, дегазации потока газожидкостной смеси, а также служит в качестве первой ступени подготовки воды. Состоит из четырех основных секций, каждая из которых представляет собой набор пластин, различной конструкции, установленных под углом 45° к горизонтальной плоскости и перпендикулярно плоскости поперечного сечения емкости. Фильтр массообменный трубный 4 предназначен для обеспечения высокой интенсивности в процессе каплеобразования мелких капель нефти и воды в более крупные и тем самым повышения эффективности процесса подготовки нефти и воды. Фильтр массообменный трубный выступает в качестве второй ступени подготовки воды. Выполнен из набора параллельных горизонтальных труб одного диаметра. Фильтр массообменный пластинчатый 5 предназначен для обеспечения коалесценции крупнодисперсных капель нефти и капель воды, а также для выравнивания потока жидкости по внутреннему диаметру аппарата. Фильтр массообменный пластинчатый выступает в качестве третьей ступени подготовки воды. Выполнен из вертикальных пластин, установленных таким образом, чтобы движение потока по межпластинному пространству проходило вначале под углом 45°, а далее снова выравнивалось и равномерно распределялось по внутренней поверхности аппарата ТФС [10].

Эффективность работы нефтегазодобывающего предприятия определяется успешной реализацией технологических процессов, поэтому разработка улучшенных конструкций аппаратов за счет их модернизации на сегодняшний день является актуальным и перспективным направлением.



Литература:

1. Нефтегазосепаратор НГС // Газовик-Нефть: производство стальных резервуаров. Строительство резервуарных парков и нефтебаз [Электронный ресурс]. – URL : <https://gazovikoil.ru/neftegazoseparator> (дата обращения: 10.03.2021).
2. Патент РФ № 130232 на полезную модель. Нефтегазовый сепаратор / Нагиев Али Тельман Оглы, Жеребцов В.В., дата опубл. 20.07.2013.
3. Патент РФ № 193731 на полезную модель. Нефтегазовый сепаратор / Клемин В.В., Маненков А.В., Беляева Н.П., Макушкина О.М., дата опубл. 12.11.2019.
4. Патент РФ № 154402 на полезную модель. Нефтегазовый сепаратор / Яковлев П.В., Кожухарь Е.Д.; дата опубл. 20.08.2015.
5. Патент РФ № 162844 на полезную модель. Нефтегазовый сепаратор / Кожухарь Е.Д., Шишкин Н.Д.; дата опубл. 27.06.2016.
6. Патент РФ № 182052 на полезную модель. Газожидкостной сепаратор / Алексанян И.Ю., Максименко Ю.А., Васина Н.П., Шевелев М.А.; дата опубл. 01.08.2018.
7. Патент РФ № 166512 на полезную модель. Трехфазный горизонтальный нефтегазосепаратор с температурной коррекцией измерения плотности нефтесодержащей смеси / Зеленский В.А., Щодро А.И.; дата опубл. 27.11.2016.
8. Патент РФ № 169888 на полезную модель. Нефтегазовый сепаратор / Щербинин И.А., Тарасов М.Ю., Столбов И.В.; дата опубл. 05.04.2017.
9. Патент РФ № 2456445 на изобретение. Способ сепарации нефтяной эмульсии / Ибрагимов Н.Г., Рахманов А.Р., Шарипов И.А., Латыпов И.М., Маланчева Е.В., Багаманшин Р.Т., Минхаеров Я.Г., Лебедев А.В.; дата опубл. 20.07.2012.
10. Патент РФ № 196274 на полезную модель. Трехфазный сепаратор для разделения продукции нефтяных скважин / Доровских И.В., Булатов В.А., Нечаев А.С.; дата опубл. 21.02.2020.

References:

1. Oil and gas separator NGS // Gazovik-Neft: production of steel tanks. Construction of re-tank parks and tank farms [Electronic resource]. – URL : <https://gazovikoil.ru/neftegazoseparator> (accessed on 10.03.2021).
2. Patent of the Russian Federation № 130232 for a useful model. Oil and gas separator / Nagiev Ali Telman Ogly, Zhe-rebtsov V.V., date of publication: 20.07.2013.
3. Patent of the Russian Federation № 193731 for a useful model. Oil and gas separator / V.V. Klemin, A.V. Manenkov, N.P. Belyaeva, O.M. Makushkina, date of publication 12.11.2019.
4. Russian patent № 154402 for a useful model. Oil and gas separator / Yakovlev P.V., Kozhukhar E.D.; date of publication 20.08.2015.
5. Patent of the Russian Federation № 162844 for a useful model. Oil and gas separator / E.D. Kozhukhar, N.D. Shishkin; date of publication 27.06.2016.
6. Patent of the Russian Federation № 182052 for a useful model. Gas-liquid separator / Aleksanyan I.Y., Maksimenko Y.A., Vasina N.P., Shevelev M.A.; date of publication 01.08.2018.
7. RF patent № 166512 for a useful model. Three-phase horizontal oil-gas separator with temperature correction of density measurement of oil-bearing mixture / Zelensky V.A., Shchodro A.I.; date of publication 27.11.2016.
8. Patent of the Russian Federation № 169888 for a useful model. Oil and gas separator / Shcherbinin I.A., Tarasov M.Y., Stolbov I.V.; date of publication 05.04.2017.
9. Patent of the Russian Federation № 2456445 for the invention. Method of oil emulsion separation / Ibragimov N.G., Rakhmanov A.R., Sharipov I.A., Latypov I.M., Malancheva E.V., Bagamanshin R.T., Minhaerov Y.G., Lebedev A.V.; date of publication 20.07.2012.
10. Patent of the Russian Federation №196274 for a useful model. Three-phase separator for separation of oil well products / I.V. Dorovskikh, V.A. Bulatov, A.S. Nechaev; date of publication 21.02.2020.



УДК 502.5

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА БУРОВЫХ РАБОТ В АРКТИКЕ

ENVIRONMENTAL SUPPORT OF PRODUCTION DRILLING OPERATIONS IN THE ARCTIC

Балаба Владимир Иванович

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры бурения нефтяных и газовых скважин,
Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет)
имени И.М. Губкина
balaba.v@gubkin.ru

Зинченко Ольга Дмитриевна

ведущий инженер
кафедры бурения нефтяных и газовых скважин,
Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет)
имени И.М. Губкина
teksertgubkin@yandex.ru

Светличная Татьяна Вячеславовна

кандидат технических наук,
доцент кафедры геоэкологии,
Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет)
имени И.М. Губкина
tata_svet_gaz@mail.ru

Аннотация. В статье проведен анализ условий экологически безопасного производства буровых работ в арктическом регионе. Показано, что первоочередными мероприятиями являются применение наилучших доступных технологий, технологического нормирования воздействия технологий на окружающую среду и их комплексный геолого-экологический контроль. Сделан вывод, что практика утверждения эколого-рыбохозяйственных нормативов для технологических отходов бурения не эффективна. Для оценки их экологичности целесообразно использовать биологическое тестирование.

Ключевые слова: арктический регион, бурение скважин, технологические отходы бурения, биологическое тестирование.

Balaba Vladimir Ivanovich

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor of Department of Oil and
Gas Wells Drilling,
National University of Oil and Gas
«Gubkin University»
balaba.v@gubkin.ru

Zinchenko Olga Dmitrievna

Lead Engineer of Department of Oil and
Gas Wells Drilling,
National University of Oil and Gas
«Gubkin University»
teksertgubkin@yandex.ru

Svetlichnaya Tatyana Vyacheslavovna

PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Department of Geoecology,
National University of Oil and Gas
«Gubkin University»
tata_svet_gaz@mail.ru

Annotation. The article analyzes the conditions of environmentally safe drilling operations in the Arctic region. It is shown that the priority measures are the use of the best available technologies, technological regulation of the impact of technologies on the environment and their comprehensive geological and environmental control. It is concluded that the practice of approving environmental and fisheries standards for technological drilling waste is not effective. To assess their environmental friendliness, it is advisable to use biological testing.

Keywords: arctic region, well drilling, technological drilling waste, biological testing.

Разведка и освоение месторождений природных углеводородов в арктическом регионе позволят удовлетворить не только текущую, но и перспективную потребность в них экономики страны. Однако следует учитывать, что дальнейшее интенсивное его промышленное освоение неизбежно будет сопровождаться ростом техногенной нагрузки на окружающую среду и увеличением накопленного ей вреда в добавление к уже имеющемуся в регионе. Представляется очевидным, что решить эту проблему можно только на основе системного подхода с учетом всех факторов, влияющих на экологическую безопасность региона, обусловленную природно-климатическими условиями и, как следствие высокой степенью уязвимости арктической экологической системы. При этом приоритетными направлениями охраны окружающей среды с учетом специфики нефтегазового производства являются, по нашему мнению, применение наилучших доступных технологий, технологическое нормирование воздействия технологий на окружающую среду и их комплексный геолого-экологический контроль [1–3].

В первую очередь указанные требования должны предъявляться к производству буровых работ, так как эта деятельность характерна как для этапа поиска и разведки месторождений, так и промышленного их освоения. Повышенные риски производства буровых работ обуславливают необходимость применения инновационных технологий [4]. Однако даже при реализации высокотехнологичных процессов образуются буровой шлам, отработанные буровые технологические жидкости и буровые сточные воды, являющиеся самыми весомыми источниками воздействия на окружающую среду. При экологической оценке технологических отходов бурения (ТОБ) изучают, главным образом, валово-



вое содержание минеральных компонентов. Вместе с тем, более существенно иметь представление о химической форме минеральных компонентов в отходах, так как наибольшую опасность представляют именно миграционные формы химических веществ.

Гидрографические особенности Арктического региона определяют особую чувствительность его окружающей среды к наиболее миграционноспособным мелкодисперсным разностям ТОВ. В водной среде их экологическая опасность имеет, как минимум, три вида действия [5]. Во-первых, взвешенные мелкодисперсные вещества поражают механически фильтрующий аппарат водных живых организмов. Вызывая их гибель они тем самым обрывают трофическую цепь водной экосистемы. Во-вторых, вследствие мелкодисперсности эти частицы обладают высокой адсорбционной способностью и концентрируют на своей поверхности токсиканты. Соответственно возрастает их токсичность для биоты. В-третьих, в глубоководных акваториях мелкодисперсные частицы разносятся придонными течениями на большие расстояния, создавая тем самым объемные шлейфы повышенной мутности. Этот процесс существенно усугубляет первые два фактора.

С целью обоснования экологических требований к производству буровых работ выполнены исследования мелкодисперсных частиц бурового шлама, отобранного в процессе бурения скважин.

Первый этап исследований включал определение содержания тяжелых металлов методами сканирующей электронной микроскопии и зондовой рентгеновской спектроскопии. На втором этапе исследований выполняли биотестирование этих образцов бурового шлама. Использовали как пресноводные, так и морские тест-объекты. Причем подбирали их так, чтобы охватить основные звенья трофической цепи гидробиоценоза.

В результате проведенных исследований установлено, в частности, что мелкодисперсные частицы ТОВ влияют у дафний на эмбриогенез и на количество потомства. Исследования на выживаемость и плодовитость солоноватоводного зоопланктона (коловратки, рачки) показали аналогичные результаты.

Выявлено несоответствие действующих нормативов предельно допустимой концентрации для воды рыбохозяйственных водоемов по отдельным компонентам исследованных образцов ТОВ результатам биотестирования.

Поскольку ТОВ не имеют постоянного состава, то разработка и утверждение для них эколого-рыбохозяйственных нормативов (ПДК и ОБУВ) не эффективна. Представляется целесообразным использовать для этого биологическое тестирование. Для получения достоверных результатов необходимо провести исследования по адаптации известных методик применительно специфике ТОВ, а также учесть и ряд других факторов, в частности эффект биологической аккумуляции загрязнителей в трофических цепях, их химическое накопление в сопредельных средах, возможность трансформации мигрирующих веществ в более токсичные формы и др.

Обобщая выше изложенное отметим, что дальнейшее экологически безопасное освоение ресурсов природных углеводородов в арктическом регионе возможно, как минимум при условии применения наилучших доступных технологий, технологического нормирования воздействия технологий на окружающую среду и их комплексного геолого-экологического контроля.

Литература:

1. Алексеева М.Н., Ященко И.Г. Экологические риски добычи нефти в Арктике // *Neftegaz.RU*. – 2020. – № 8. – С. 52–57.
2. Методы экологических исследований: учебник / Н.Е. Рязанова [и др.]. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 474 с.
3. Трубицина О.П., Башкин В.Н. Вызовы деятельности объектов нефтегазовой отрасли в Арктике: геоэкологические риски // *Проблемы анализа риска*. – 2018. – № 3. – С. 22–31.
4. Балаба В.И., Зинченко О.Д. Инновационные технологии бурения нефтегазовых скважин на континентальном шельфе // *Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса*. – 2014. – № 6. – С. 11–16.
5. Светличная Т.В. О некоторых аспектах экологической безопасности буровых работ на дагестанском участке Каспийского моря // *Нефть, газ и бизнес*. – 2004. – № 7. – С. 47.

References:

1. Alekseeva M.N., Yashchenko I.G. Environmental risks of oil production in the Arctic // *Neftegaz.RU*. – 2020. – № 8. – P. 52–57.
2. Methods of ecological research: textbook / N.E. Ryazanova [et al.]. – M. : INFRA-M, 2019. – 474 p.
3. Trubitsina O.P., Bashkin V.N. The challenges of oil and gas industry facilities in the Arctic: geoeological risks // *Problems of Risk Analysis*. – 2018. – № 3. – P. 22–31.
4. Balaba V.I., Zinchenko O.D. Innovative technologies of drilling oil and gas wells on the continental shelf // *Equipment and technologies for the oil and gas complex*. – 2014. – № 6. – P. 11–16.
5. Svetlichnaya T.V. On some aspects of environmental safety of drilling operations at the Dagestan section of the Caspian Sea // *Oil, gas and business*. – 2004. – № 7. – P. 47.



УДК 502.5

К ВОПРОСУ ОБ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СПРАВОЧНИКАХ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

REGARDING QUESTION OF INFORMATION AND TECHNICAL DIRECTIONS FOR THE MOST AVAILABLE TECHNOLOGIES

Балаба Владимир Иванович

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры бурения нефтяных и газовых скважин,
Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет)
имени И.М. Губкина
balaba.v@gubkin.ru

Гречищева Наталья Юрьевна

доктор химических наук, доцент,
профессор кафедры промышленной экологии,
Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет)
имени И.М. Губкина,
yanat2@mail.ru

Зинченко Ольга Дмитриевна

ведущий инженер
кафедры бурения нефтяных и газовых скважин,
Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет)
имени И.М. Губкина
teksertgubkin@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты анализа информационно-технических справочников наилучших доступных технологий в области добычи нефти и природного газа. Показано, что они не в полной мере соответствуют целевому назначению и их нужно оперативно перерабатывать для приведения в соответствие с установленными требованиями.

Ключевые слова: добычи нефти и природного газа, технологическое нормирование воздействия на окружающую среду, информационно-технические справочники наилучших доступных технологий.

Balaba Vladimir Ivanovich

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor of Department of Oil and
Gas Wells Drilling,
National University of Oil and Gas
«Gubkin University»
balaba.v@gubkin.ru

Grechishcheva Natalya Yurevna

Doctor of Chemical Sciences,
Associate Professor,
Professor of Department of Industrial Ecology,
National University of Oil and Gas
«Gubkin University»
yanat2@mail.ru

Zinchenko Olga Dmitrievna

Lead Engineer of Department of Oil and
Gas Wells Drilling,
National University of Oil and Gas
«Gubkin University»
teksertgubkin@yandex.ru

Annotation. This article presents the results of the analysis of information and technical reference books for the best available technologies in the field of oil and natural gas production. As shown, they do not fully correspond to their intended purpose and they need to be promptly processed in order to bring them into line with the established requirements.

Keywords: oil and natural gas production, technological regulation of environmental impact, information and technical guides of the best available technologies.

В связи с переходом на технологическое нормирование воздействия на окружающую среду предприятия обязывают внедрять наилучшие доступные технологии (НДТ), определяемые на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды. Информационное и методическое обеспечение применения природопользователями НДТ осуществляется путем разработки информационно-технических справочников наилучших доступных технологий (ИТС НДТ). Они являются документами национальной системы стандартизации, содержащими систематизированные данные в определенной области и включают описание технологий, процессов, методов, способов, оборудования и иные данные. В ближайшие несколько лет экологические службы предприятий нефтегазового комплекса должны провести оценку соответствия используемых технологий наилучшим доступным, указанным в ИТС НДТ, а также выполнить анализ соответствия технологических показателей производства отраслевым показателям НДТ [1–3].

По сути, речь идет о комплексной модернизации нефтегазового производства путем увязки экономических и экологических целей деятельности конкретного предприятия с дифференцированными мерами государственного регулирования объектов, оказывающих негативное воздействие на окру-



жающую среду. Основная, законодательно закреплённая цель деятельности предприятий – извлечение прибыли. Поэтому надеяться на полное и постоянное совпадение их экономических целей деятельности с экологическими крайне оптимистично [4], достаточно вспомнить статистику аварий с экологическим ущербом за предыдущий годовой период. Предприятие-природопользователь, стремясь соответствовать актуальным требованиям по снижению негативного воздействия на окружающую среду, может использовать НДТ формально, что потенциально создает конфликтную ситуацию с различными государственными органами. Чтобы исключить или, по крайней мере, свести к минимуму такую возможность ИТС НДТ должны соответствовать своему статусу как документы в области стандартизации. Эти требования общеизвестны, в частности: продуманность и логичность структуры, единство терминологии, точность формулировок, исключая их многозначность, расплывчатость и противоречивость [5, 6]. ИТС НДТ как справочники должны быть удобны в использовании, а как источники информации о технологиях – должны содержать целесообразную, то есть необходимую и достаточную, полноту описания объектов (технологий).

Однако проведенный авторами анализ ИТС 28-2017 «Добыча нефти» и ИТС 29-2017 «Добыча природного газа» показал, что они в разной степени, но не в полной мере соответствуют целевому назначению и, следовательно, являются источниками рисков применения санкций к природопользователям. Поскольку ИТС НДТ являются документами национальной системы стандартизации, то из недостатков анализируемых справочников рассмотрим лишь один, непосредственно относящийся к их статусу – некорректное использование терминологии.

Известно, что документ в области стандартизации (как, впрочем, любой текст) должен соответствовать критерию понятийной определенности. Это означает, что используемая терминология должна удовлетворять требованиям: единства – недопустимо для обозначения одних и тех же понятий использовать разные термины; общепризнанности – термины должны быть признаны наукой и практикой; устойчивости – нельзя вводить новые термины наряду с принятыми.

Так, в ИТС 28-2017 используется термин «безамбарный способ бурения» (стр. 32) и, более того, предложена НТД 9 Безамбарное бурение.

Термины «безамбарное бурение» и «амбарное бурение» не соответствуют критерию общепризнанности и сути обозначаемого ими процесса. Бурение – это процесс сооружения скважины, характеризуемый, в частности, прилагательными «вертикальное», «вращательное», «турбинное». Прилагательные «амбарное» и «безамбарное» относятся не к процессу бурения, а к способу обращения с технологическими отходами бурения. Если принять логику авторов этого «произведения», то для идентификации НДТ им следовало сравнивать критерии достижения целей охраны окружающей среды, например, при «безамбарном» и роторном способах бурения. Однако такая постановка вопроса для имеющих хоть малейшее представление о нефтегазовом деле является абсурдной.

К сожалению, такая ситуация среди тех, кто пишет об экологических проблемах нефтегазового дела достаточно распространена и граничит с терминологическим нигилизмом. Эта проблема требует широкого обсуждения профессиональным сообществом, но те, кто использует в своих текстах подобную терминологию избегают обоснования своей точки зрения. В качестве примера еще один документ – предварительный национальный стандарт ПНСТ 472-2020 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Общие требования по обращению с отходами бурения (п. 4.1): «безамбарное бурение», «амбарное бурение».

В ИТС НДТ для обозначения одного и того же понятия используются разные термины, например, «буровой раствор» и «промывочная жидкость», а также в качестве синонимов разные термины, например, «выбуренная порода» и «буровой шлам». На средствах механической очистки из промывочной жидкости выделяют не выбуренную породу, а принципиально отличающийся от нее, в том числе с экологической точки зрения, буровой шлам. Выбуренная порода и буровой шлам – это не одно и то же. Поэтому в случае применения предприятием технологии НТД 10 по ИТС 28-2017 доказать надзорным и контролирующим органам, что достигнута «полная утилизация выбуренной горной породы» (ИТС 28-2017, стр. 226) будет невозможно со всеми вытекающими из этого последствиями для предприятия.

Вероятной причиной низкого качества ИТС НДТ и ПНСТ 472-2020 может быть, то, что они разрабатывались, главным образом, путем компиляции информационных источников, а не их аналитико-синтетической переработки. При разработке подобных документов нужно критически переосмысливать исходный материал и принимать во внимание существующие точки зрения по спорным вопросам [5, 6]. В противном случае имеет место «принцип домино», то есть перенесение ошибок из источника информации в каждый последующий разрабатываемый документ. Так, в ПНСТ 472-2020 без критического осмысления перенесены отдельные положения ИТС НДТ.

Неоднозначность положений ИТС НДТ может инициировать возникновение конфликтных ситуаций, в частности с налоговыми органами и органами государственного надзора и контроля. Это может повлечь для природопользователя значительные материальные издержки, а в некоторых случаях



приостановку деятельности объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду. Поэтому ИТС 28-2017 и ИТС 29-2017 нужно не актуализировать, а оперативно перерабатывать для приведения их в соответствие с установленными требованиями. При этом с целью соблюдения принципа единства терминологии необходимо включать в ИТС НТД в качестве приложения перечень используемых терминов и определений, а перед опубликованием целесообразно проводить лингвистическую экспертизу. Это не исключит полностью, но существенно сократит ошибки и повысит качество информационно-технических справочников.

Литература:

1. Косулина Т.П., Литвинова Т.А., Кононенко Е.А. Наилучшие доступные технологии в нефтедобывающей отрасли // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 5. – С. 121–129.
2. Мазлова Е.А., Гречищева Н.Ю. Анализ и использование опыта промышленных предприятий в организации системы экологического менеджмента // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2005. – № 3. – С. 61–64.
3. Соловьянов А.А. Национальный проект «Экология» и нефтегазовая промышленность // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2019. – № 1(286). – С. 5–6.
4. Васильева М.И. Публичные интересы в экологическом праве. – М. : Изд-во МГУ, 2003. – 424 с.
5. Балаба В.И. Требования промышленной безопасности как источник опасности // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2008. – № 3. – С. 38–41.
6. Мазлова Е.А., Смирнова Т.С., Богданов О.Ш. Анализ терминологической составляющей в нормативно-правовой базе ТЭК // Компетентность. – 2018. – № 8 (159). – С. 6–12.

References:

1. Kosulina T.P., Litvinova T.A., Kononenko E.A. The best available technologies in the oil industry // Bulatov Readings. – 2020. – Vol. 5. – P. 121–129.
2. Mazlova E.A., Grechischeva N.Y. Analysis and use of experience of industrial enterprises in organization of environmental management system // Environmental protection in oil and gas complex. – 2005. – № 3. – P. 61–64.
3. Solovyanov A.A. National project «Ecology» and oil and gas industry // Environmental protection in oil and gas sector. – 2019. – № 1(286). – P. 5–6.
4. Vasilyeva M.I. Public interests in environmental law. – M. : Publishing house of Moscow State University, 2003. – 424 p.
5. Balaba V.I. Industrial safety requirements as a source of danger // Quality Management in Oil and Gas Complex. – 2008. – № 3. – P. 38–41.
6. Mazlova E.A., Smirnova T.S., Bogdanov O.S. Analysis of the terminological component in the regulatory framework of the FEC // Competence. – 2018. – № 8 (159). – P. 6–12.



УДК 621.318

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА АППАРАТОВ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ

FEATURES OF THE CHOICE OF MAGNETIC PROCESSING DEVICES

Вычегжанина Екатерина Владимировна

студентка направления подготовки
18.03.01 «Химическая технология»,
Кубанский государственный технологический университет
vychegzhanina18@yandex.ru

Литвинова Татьяна Андреевна

кандидат технических наук,
доцент кафедры технологии нефти и газа,
Кубанский государственный технологический университет
soleado-sta@mail.ru

Аннотация. В статье проанализировано применение аппаратов для магнитной обработки водных и углеводородных систем, рассмотрен механизм действия магнитных аппаратов на процессы разделения водонефтяных эмульсий, предотвращения соле- и смолопарафиновых отложений, интенсификации компаундирования, изменения коррозионной активности среды, снижения накипеобразования и активации среды, обозначены особенности выбора устройств для улучшения экономических и технологических параметров работы.

Ключевые слова: аппараты магнитной обработки (АМО), физика нефти и воды, коррозионная активность среды, магнитная обработка среды, реологические свойства нефти, смолисто-асфальтеновые вещества, снижение вязкости.

Vychegzhanina Ekaterina Vladimirovna

Student,
Training programs 18.03.01
Chemical Engineering,
Kuban State Technological University
vychegzhanina18@yandex.ru

Litvinova Tatiana Andreevna

Cand.Tech.Sci,
Associate Professor of the Department of
Oil and Gas Technology,
Kuban State Technological University
soleado-sta@mail.ru

Annotation. In the article it's analyzed the use of devices for magnetic treatment of water and hydrocarbon systems, the mechanism of action of magnetic devices on the processes of oil – water emulsions separation, prevention of salt and resin-paraffin deposits, intensification of compounding, changes in the corrosion activity, reduction of scale formation and activation of the water. The features of the choice of devices for improving the economic and technological parameters of work are indicated.

Keywords: magnetic processing devices, oil and water physics, corrosion activity of the medium, magnetic treatment of the medium, rheological properties of oil, resinous-asphaltene substances, viscosity reduction.

При использовании технологического оборудования большое внимание уделяется свойствам обрабатываемого сырья. Для их нормализации и оптимизации работы установок применяют магнитную обработку (МО), при которой в нефти, например, происходит снижение вязкости, снижение предельного напряжения сдвига и энергии активации вязкого течения нефтей с содержанием смолисто-асфальтеновых компонентов до 35 % и соотношением бензольных и спиртобензольных смол менее единицы. Процессы структурообразования в нефтяных дисперсных системах при воздействии постоянного МП протекают с изменением количества парамагнитных центров и антиоксидантов [1]. Помимо этого за счет процессов, протекающих при МО, можно ликвидировать часть пересыщения водной системы, может изменяться концентрация ферромагнитных примесей, что значительно улучшает коррозионные свойства и т.д. [2].

Рассмотрим применение АМО по их различным назначениям (рис. 1). При добыче, транспортировке и обработке нефти следует уделять внимание ее структурно-реологическим свойствам. Одним из важных свойств является его вязкость. Анализ технических решений отобранных патентных документов по электромагнитным излучениям и их комбинациям показал следующие решаемые ими задачи и достигаемые технические результаты:

- снижение вязкости сырья в нефтепроводе, которое осуществляется за счет воздействия на текучую среду электрическим полем на переменном асимметричном токе частотой 25 ± 1 Гц при плотности тока $100 \text{ мА} / \text{дм}^2$ и асимметрии 5–7;
- подготовка высоковязких нефтепродуктов к транспорту, осуществляемая методом магнитной обработки высоковязких нефтепродуктов на входе в аппарат, и активация сырья с обеспечением повышения сдвиговых скоростей посредством ударного диспергирования на выходе;
- подготовка нефтепродуктов к транспорту путем многоступенчатой МО, реализуемая в аппарате электромагнитной обработки [1].

Наличие в нефти смол, асфальтенов и парафинов способствует образованию своего рода «тромбов» и закупорке в нефтепроводе, а также ухудшению свойств и качества нефти и нефтепродуктов [3].



Рисунок 1 – АМО для обработки углеводородных и водных систем

Разработаны аппараты магнитной обработки нефти для предотвращения отложений парафина и неорганических солей в нефтепроводах, магнитные камеры трубопроводные (МКТ), аппараты для предотвращения асфальтосмолопарафиновых отложений на наземном и подземном нефтепромысловом оборудовании, для снижения коррозионной активности добываемой жидкости [3].

Аппараты магнитной обработки применяются в условиях месторождений с осложненными физико-геологическими условиями, где очень сложно применить обычные методы физико-химического воздействия. В таких условиях используется энергия высокочастотных электромагнитных волн. Идея метода заключается в том, что, если в продуктивном пласте возбуждено каким-то образом переменное электромагнитное поле (ЭМП) с определенной напряженностью, то в нем возникают распределенные источники тепла. Распределение температуры в этом случае определяется способом создания ЭМП в пласте, напряженностью, частотой, а также электрофизическими характеристиками пласта и не зависит от его коллекторских свойств и притока нефти к скважине, что позволяет применять электромагнитное воздействие при одновременной эксплуатации скважины [4].

Также магнитная обработка перекачиваемых жидкостей способна внести существенный вклад в решение проблем борьбы с коррозией, которая вызвана образованием различных видов эмульсий нефти с водой, примесей. Например, устройство для магнитной обработки, используемое преимущественно в скважинах, оборудованных погружными глубинно-насосными установками. Или устройство для обработки закачиваемой в нагнетательные скважины воды двумя физическими полями на поверхности до подачи его в пласт. В данном устройстве происходит обработка магнитным полем, совмещенная с обработкой импульсами давления [5].

Помимо этого применяют аппараты для активации сред, которые изменяют физико-химические свойства жидкостей. Так, например, устройство для омагничивания жидкости, работающее следующим образом: при подключении обмотки к напряжению питающей сети в магнитопроводе наводится переменный магнитный поток [6].

Сущность метода использования АМО при борьбе с накипеобразованием состоит в том, что при пересечении водой магнитных силовых линий катионы солей жесткости выделяются не на поверхности нагрева, а в массе воды. Например, Гидромультиполь ММТ для предотвращения накипеобразования в теплообменниках, трубах и котельных установках [7].

Таким образом, использование магнетизаторов перспективно и активно применяется в нефтегазовой отрасли для магнитной обработки водных и углеводородных систем с целью разделения водонефтяных эмульсий, предотвращения соле- и смолопарафиновых отложений, интенсификации компаундирования, изменения коррозионной активности среды, снижения накипеобразования и активации среды.



Литература:

1. Вычегжанина Е.В. Литвинова Т.А. Аппараты электромагнитной обработки нефти, применяемые для интенсификации процесса компаундирования при транспортировке сырья // Электронный сборник научных статей по материалам третьей международной научно-практической конференции «Механика, оборудование, материалы и технологии». – 2020. – С. 1286–1291.
2. Аппараты для магнитной обработки жидкости / Н.В. Инюшин [и др.]. – Уфа : Государственное издательство научнотехнической литературы «Реактив», 2000. – 147 с.
3. Вычегжанина Е.В. Литвинова Т.А. Аппараты магнитной обработки нефти и нефтепродуктов для предотвращения отложений смол и парафинов // Электронный сборник научных статей по материалам третьей международной научно-практической конференции «Механика, оборудование, материалы и технологии». – 2020. – С. 1276–1285.
4. Вычегжанина Е.В. Литвинова Т.А. Аппараты магнитной обработки для воздействия на эмульсии // Электронный сборник научных статей по материалам третьей международной научно-практической конференции «Механика, оборудование, материалы и технологии». – 2020. – С. 1292–1298.
5. Вычегжанина Е.В. Литвинова Т.А. Магнитные аппараты для изменения коррозионной активности среды // Электронный сборник научных статей по материалам третьей международной научно-практической конференции «Механика, оборудование, материалы и технологии». – 2020. – С. 1299–1305.
6. Вычегжанина Е.В. Литвинова Т.А. Аппараты магнитной обработки для активации среды // Электронный сборник научных статей по материалам третьей международной научно-практической конференции «Механика, оборудование, материалы и технологии». – 2020. – С. 1306–1313.
7. Вычегжанина Е.В. Литвинова Т.А. Аппараты магнитной обработки для борьбы с образованием накипи // Электронный сборник научных статей по материалам третьей международной научно-практической конференции «Механика, оборудование, материалы и технологии». – 2020. – С. 1314–1321.

References:

1. Vychezhanina E.V. Litvinova T.A. Apparatuses for electromagnetic treatment of oil, used for intensification of compounding process during transportation of raw materials // Electronic collection of scientific papers on the materials of the third international scientific conference «Mechanics, equipment, materials and technologies». – 2020. – P. 1286–1291.
2. Apparatuses for magnetic treatment of liquids / N.V. Inyushin [et al.]. – Ufa : State Publishing House of Scientific and Technical Literature «Reaktiv», 2000. – 147 p.
3. Vychezhanina E.V. Litvinova T.A. Magnetic treatment of oil and oil products to prevent tar and paraffin deposits // Electronic collection of scientific papers on the materials of the third international scientific conference «Mechanics, equipment, materials and technology». – 2020. – P. 1276–1285.
4. Vychezhanina E.V. Litvinova T.A. Magnetic treatment devices for impact on emulsions // Electronic collection of scientific papers on the materials of the third international scientific-practical conference «Mechanics, equipment, materials and technology». – 2020. – P. 1292–1298.
5. Vychezhanina E.V. Litvinova T.A. Magnetic apparatuses to change the corrosive activity of media // Electronic collection of scientific papers on the materials of the third international scientific conference «Mechanics, equipment, materials and technology». – 2020. – P. 1299–1305.
6. Vychezhanina E.V. Litvinova T.A. Magnetic treatment apparatuses for activation of media // Electronic collection of scientific papers on the materials of the third international scientific conference «Mechanics, equipment, materials and technology». – 2020. – P. 1306–1313.
7. Vychezhanina E.V. Litvinova T.A. Magnetic treatment devices to combat scale formation // Electronic collection of scientific papers on the materials of the third international scientific conference «Mechanics, equipment, materials and technology». – 2020. – P. 1314–1321.



УДК 66.092.097.3

**РОЛЬ ОТРАБОТАННОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КАТАЛИЗАТОРА
ГИДРООЧИСТКИ И ДОНОРА ВОДОРОДА В ПРОЦЕССЕ
ТЕРМИЧЕСКОГО КРЕКИНГА УГЛЕВОДОРОДОВ
ТЯЖЕЛОГО НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ**

**THE ROLE OF A SPENT INDUSTRIAL CATALYST
HYDROTREATMENT AND HYDROGEN DONOR IN THE PROCESS OF
THERMAL CRACKING OF HYDROCARBONS
HEAVY CRUDE OIL**

Докучаев Игорь Станиславович

инженер кафедры химической технологии
переработки нефти и газа,
Самарский государственный технический университет
e2.71@mail.ru

Максимов Николай Михайлович

кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры химической технологии
переработки нефти и газа,
Самарский государственный технический университет
maximovnm@mail.ru

Тыщенко Владимир Александрович

доктор химических наук, профессор,
профессор кафедры химической технологии
переработки нефти и газа,
Самарский государственный технический университет
vladimir.al.tyshchenko@gmail.com

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследования каталитических свойств отработанного и регенерированного катализатора гидроочистки на основе оксидов кобальта, молибдена и алюминия. Проведены исследования каталитической активности данного образца в условиях крекинга модельных соединений: «додекан-толуол», «декалин-толуол», и «додекан-изопропилбензол-толуол». Определен состав полученных продуктов, предложены схемы превращений исходных соединений в конечные продукты, сделаны выводы относительно роли донора водорода и катализатора в исследуемой реакции.

Ключевые слова: катализатор, крекинг, донор водорода, термическая деструкция, додекан, декалин, изопропилбензол, толуол.

Dokuchaev Igor Stanislavovich

Engineer of the Department of
Chemical Technology,
Oil and Gas Processing,
Samara State Technical University
e2.71@mail.ru

Maksimov Nikolai Mikhailovich

Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor of the Department of
Chemical Technology of Oil and Gas Refining,
Samara State Technical University
maximovnm@mail.ru

Tyshchenko Vladimir Aleksandrovich

Doctor of Chemical Sciences, Professor,
Professor of the Department of Chemical
Technology of Oil and Gas Refining,
Samara State Technical University
vladimir.al.tyshchenko@gmail.com

Annotation. This work presents the results of studies of catalytic properties of spent and regenerated hydrotreating catalyst based on cobalt, molybdenum and aluminum oxides. The catalytic activity of this sample under conditions of cracking of model compounds was studied: «dodecane-toluene», «decalin-toluene», and «dodecane-isopropylbenzene-toluene». The composition of the obtained products was determined, the schemes of transformations of initial compounds into final products were proposed, and conclusions were made concerning the role of hydrogen donor and catalyst in the studied reaction.

Keywords: catalyst, cracking, hydrogen donor, thermal destruction, dodecane, decalin, isopropylbenzene, toluene.

По данным Управления энергетической информации Соединенных Штатов Америки (EIA), к 2030 году общий спрос на нефть в мире вырастет до 117 млн баррелей в сутки [1]. В то же время сокращение запасов традиционных легких нефтей все больше подталкивает нефтяную промышленность к переработке более тяжелых нефтей и остатков, что свидетельствует об актуальности данного направления исследований [2].

Ведутся научные работы по созданию альтернативных каталитическому крекингу и гидрокрекингу технологий по переработке вакуумного газойля и нефтяных остатков.

Одним из перспективных направлений переработки вакуумного газойля и нефтяных остатков являются термокatalитические процессы с использованием высокодисперсных систем. Целью исследований является изучение роли промышленного катализатора гидроочистки и доноров водорода в процессе термического крекинга.



Была проведена серия экспериментов с последующими анализом продуктов и обработкой результатов на база лаборатории кафедры ХТПНГ.

В качестве модельных соединений использовались следующие углеводороды: додекан (х.ч.), декалин (х.ч.), изопропилбензол (х.ч.), толуол (х.ч.).

Испытания проводились на установке с микропроточным реактором под давлением 1,6 МПа в интервале температур 400–440 °С, объёмная скорость подачи сырья в интервале 1–3 ч⁻¹, а кратность циркуляции водорода составляла 300 нм³/м³. В реактор загружали катализатор в количестве 4,0 см³, носителем в котором является оксид алюминия, активной фазой- оксиды кобальта и молибдена. Количество десорбируемого аммиака по результатам ТПД – 752 ммоль / г. Схема микропроточной установки представлена на рисунке 1.

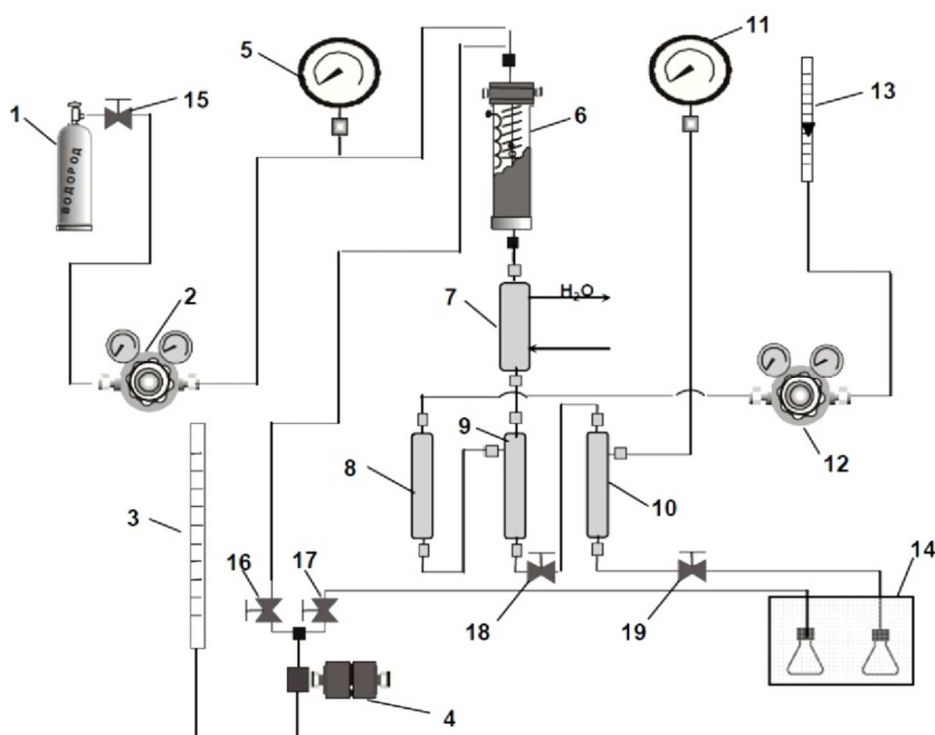


Рисунок 1 – Схема микропроточной установки

- 1 – баллон с водородом; 2 – редуктор (после себя); 3 – бюретка с сырьем;
- 4 – насос; 5, 11 – манометры; 6 – реактор; 7 – водяной холодильник;
- 8 – фильтр; 9, 10 – сепараторы; 12 – редуктор (до себя); 13 – ротаметр;
- 14 – пробоприемник; 15 – вентиль (вход водорода); 16 – вентиль (подача сырья);
- 17 – вентиль (промывка насоса); 18 – вентиль (выгрузка из сепаратора 9);
- 19 – вентиль (выгрузка из сепаратора 10)

Отобранные пробы катализаторов анализировали методом газо-жидкостной хроматографии.

Идентификация продуктов реакционных смесей была проведена методом газовой хроматограф масс-спектрометрии.

Количество десорбируемого аммиака определено методом термопрограммируемой десорбции аммиака.

На основании анализа продуктов реакции и схем превращения исходных соединений, для превращений системы додекан-толуол на катализаторе наиболее выраженными были реакции изомеризации, крекинга и образования ароматических углеводородов. Схема превращения n-додекана представлена на рисунке 2, а константы скорости реакций превращения n-додекана в системе додекан – толуол в таблице 1.

Таблица 1 – Константы скорости реакций превращения додекана в системе додекан-толуол

t, °С	k крекинга, ч ⁻¹	k изомеризации, ч ⁻¹	k образования ароматических углеводородов, ч ⁻¹
400	0,19	0,16	0,07
420	0,53	0,33	0,14
440	0,85	0,34	0,32

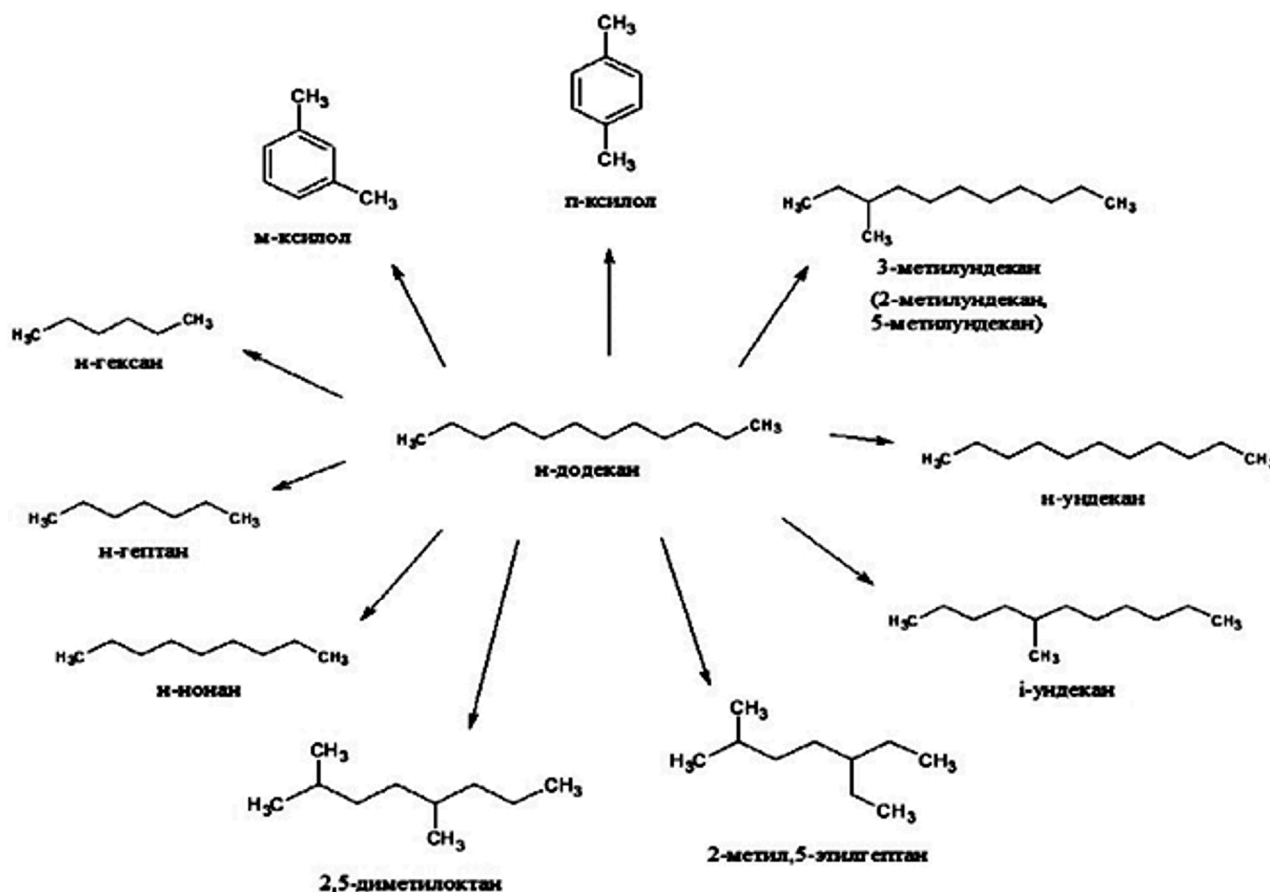


Рисунок 2 – Схема превращения n-додекана на катализаторе гидроочистки

Для превращений системы декалин-толуол на катализаторе гидроочистки наиболее выраженными были реакции дегидрирования с образованием нафталина и его производных. Схема превращений декалина представлена на рисунке 3.

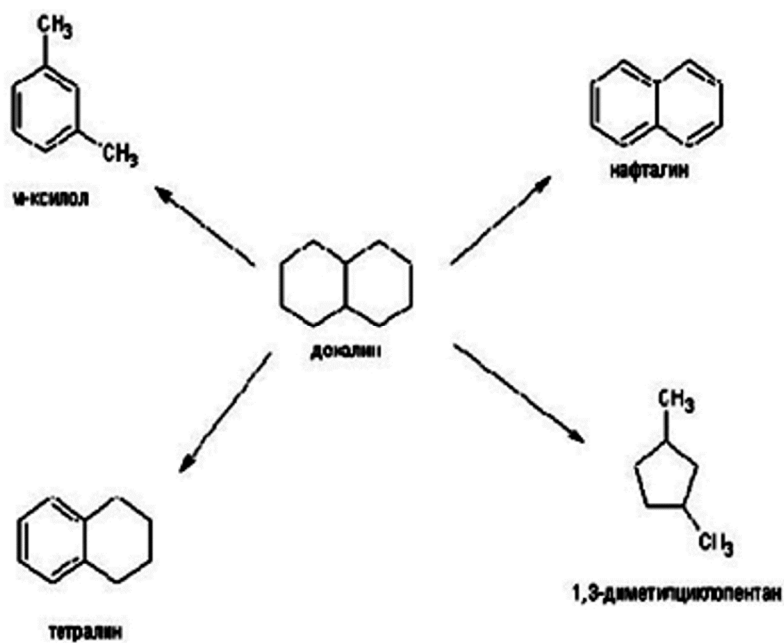


Рисунок 3 – Схема превращения декалина на катализаторе гидроочистки

Константы скорости реакции образования нафталина в системе декалин-толуол представлены в таблице 2.

**Таблица 2** – Константы скорости превращения декалина в нафталин

t, °C	k образования нафталина, ч ⁻¹
400	1,79
420	4,59
440	6,98

Нафтеновые углеводороды могут выступать в роли донора водорода и создавать парциальное давление водорода в зоне реакций, что подавляет реакции крекинга, но с другой стороны становится возможным прохождение полезной реакции гидродесульфуризации при наличии серы в сырье.

Энергия активации для реакции превращения декалина в нафталин составляет 136133 Дж.

Для превращений системы додекан – изопропилбензол – толуол на катализаторе гидроочистки были характерны реакции превращения додекана, рассмотренные в системе додекан-толуол, конверсия изопропилбензола была минимальна.

В таблице 3 представлены константы скорости превращения додекана в системе додекан-изопропилбензол-толуол.

Таблица 3 – Константы скорости реакций превращения додекана в системе додекан-толуол

t, °C	k крекинга, ч ⁻¹	k изомеризации, ч ⁻¹	k образования ароматических углеводородов, ч ⁻¹
400	0,15	0,12	0,04
420	0,20	0,24	0,08
440	0,33	0,37	0,17

Если сравнить константы скоростей реакции превращения додекана в присутствии и отсутствии изопропилбензола, то заметно, что константы скорости ниже с изопропилбензолом, что может быть объяснено адсорбцией ароматических углеводородов на активных центрах катализатора.

Таким образом, для превращений системы парафиновые углеводороды на катализаторе гидроочистки наиболее склонны к реакциям крекинга, изомеризации и образования ароматических углеводородов.

Нафтеновые углеводороды наиболее активно участвуют в реакциях дегидрирования и могут выступать в роли донора водорода и создавать парциальное давление водорода в зоне реакций, что с одной стороны может подавить реакции крекинга, а с другой при наличии серы в сырье термokatалитического процесса возможно прохождение полезной реакции гидродесульфуризации.

Также было отмечено, что наличие в сырье ароматических углеводородов снижает конверсию парафиновых углеводородов, участвующих в процессе.

Литература:

1. Annual Energy Outlook 2007 with projection to 2030, 20585 / J.J. Conti [et al.] // The United States Energy Information Administration, US Department of Energy. – Washington : DC, 2007. – p 234.
2. Dehkissia S., Larachi F., Chornet E. Catalytic (Mo) upgrading of Athabasca bitumen vacuum bottoms via two-step hydrocracking and enhancement of Moheavy oil interaction // Fuel. – 2004. – № 83. – P. 1323–1331.

References:

1. Annual Energy Outlook 2007 with projection to 2030, 20585 / J.J. Conti [et al.] // The United States Energy Information Administration, US Department of Energy. – Washington : DC, 2007. – p 234.
2. Dehkissia S., Larachi F., Chornet E. Catalytic (Mo) upgrading of Athabasca bitumen vacuum bottoms via two-step hydrocracking and enhancement of Moheavy oil interaction // Fuel. – 2004. – № 83. – P. 1323–1331.



УДК 504.06

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ У СПЕЦИАЛИСТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

IMPROVING THE ENVIRONMENTAL COMPETENCE OF OIL AND GAS INDUSTRY SPECIALISTS

Захаров Мартин Михайлович

студент направления подготовки
18.03.01 «Химическая технология»,
Кубанский государственный технологический университет
g.a.l.l.88@mail.ru

Малофеева Ульяна Николаевна

студент направления подготовки
18.03.01 «Химическая технология»,
Кубанский государственный технологический университет
malofeevaulana@gmail.com

Спивак Святослав Вячеславович

студент направления подготовки
18.03.01 «Химическая технология»,
Кубанский государственный технологический университет
spivak.svjat@mail.ru

Гончарова Валерия Дмитриевна

студент направления подготовки
18.03.01 «Химическая технология»,
Кубанский государственный технологический университет
valeriagoncarova59@gmail.com

Литвинова Татьяна Андреевна

кандидат технических наук,
доцент кафедры технологии нефти и газа,
Кубанский государственный технологический университет
soleado-sta@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены условия формирования экологической компетентности специалистов нефтегазовой отрасли, показана необходимость повышения экологической культуры для обеспечения экологизации производства и инновационного развития предприятий.

Ключевые слова: экологическая компетентность, экологическая культура, специалисты, нефтегазовая отрасль, экологизация производства.

Zakharov Martin Mikhailovich

Student,
Training programs 18.03.01
Chemical engineering,
Kuban State Technological University
g.a.l.l.88@mail.ru

Malofeeva Ulyana Nikolaevna

Student,
Training programs 18.03.01
Chemical engineering,
Kuban State Technological University
malofeevaulana@gmail.com

Spivak Svyatoslav Viacheslavovich

Student,
Training programs 18.03.01
Chemical engineering,
Kuban State Technological University
spivak.svjat@mail.ru

Goncharova Valeria Dmitrievna

Student,
Training programs 18.03.01
Chemical engineering,
Kuban State Technological University
valeriagoncarova59@gmail.com

Litvinova Tatiana Andreevna

Cand.Tech.Sci,
Associate Professor of the Department of
Oil and Gas Technology,
Kuban State Technological University
soleado-sta@mail.ru

Annotation. In the article it's discussed the conditions for the formation of environmental competence of oil and gas industry specialists, it's shown the need to improve the environmental culture to ensure the greening of production and innovative development of enterprises.

Keywords: environmental competence, environmental culture, specialists, oil and gas industry, greening production.

Процесс формирования экологической компетентности специалистов нефтегазовой отрасли является достаточно длительным и поэтапным. Каждый из этапов имеет общую главную цель – обеспечить готовность специалистов к оптимальному взаимодействию с природной средой, к профессиональной деятельности с учетом принципом рационального природопользования [1].

На предприятиях нефтегазовой отрасли необходимы повышенные требования к экологической компетентности специалистов и их руководителей [2]. Нерациональное использование природных ресурсов может привести к обострению экологических проблем во всем мире. Освоение нефтяных и газовых месторождений, добыча, транспортировка и переработка нефти и газа, реализация готовой продукции оказывает значительное воздействие на окружающую среду и способствует нарушению экологического равновесия.

Решение экологических проблем в нефтегазовой отрасли требует разработки и внедрения высокоэффективных, малозатратных способов добычи, переработки нефти и газа, а также ресурсосберегающих и экозащитных технологий. В связи с этим формирование экологической компетентности становится актуальной задачей и характеризуется способностью личности к ситуативной деятельности в быту и природном окружении, при которой полученные экологические знания, навыки, опыт и ценности актуализируются в умении принимать решения, выполнять соответствующие действия, нести ответственность за принятые решения, осознавая их последствия для окружающей среды [3, 4].



Формируемые знания, умения и навыки позволяют получить необходимую компетентность в отношении экологических результатов деятельности предприятия. Следует отметить, что требования к компетентности относятся не только к тем лицам, которые непосредственно выполняют работу, имеющую значимое экологическое воздействие, но и к тем, которые управляют подразделениями. В связи с этим отличаются цели и задачи различных субъектов (табл. 1).

Таблица 1 – Цели и задачи субъектов

Цели субъектов	Задачи для достижения целей
Цели общества: – минимальное воздействие на окружающую среду; – улучшение состояния природной среды	Применение современных методов предотвращения и уменьшения выбросов в атмосферный воздух и сбросов в водные объекты, технологий переработки и вторичного использования отходов
	Организация экологического мониторинга на предприятиях нефтегазовой отрасли
	Аналитический контроль за работой очистных сооружений
	Разработка и реализация природоохранных проектов
Цели работодателей: – повышение экологической компетентности у специалистов нефтегазовой отрасли; – своевременное предупреждение и эффективное решение экологических проблем на предприятии; – компетентное действие в чрезвычайных ситуациях	Оценка воздействия деятельности предприятия на окружающую среду
	Применение современных методов ликвидации чрезвычайных ситуаций на предприятиях нефтегазовой отрасли
Цели специалиста нефтегазовой отрасли: – приобретение дополнительных профессиональных компетенций; – предупреждение и решение экологических проблем; – компетентное действие в чрезвычайных ситуациях	Изучение экологического и природоресурсного законодательства, своевременная актуализация используемой на предприятии нормативно-правовой базы в области охраны окружающей среды
	Применение современных методов минимизации выбросов и сбросов, технологий утилизации отходов
	Соблюдение требований экологической безопасности при проектировании, вводе в эксплуатацию и эксплуатации объектов нефтегазовой отрасли
	Проведение регулярного контроля за работой очистных сооружений
	Прогнозирование техногенных аварий и чрезвычайных ситуаций, эффективные действия при их возникновении

Результаты подготовки инновационно ориентированных и экологически грамотных специалистов представлены на рисунке 1.

Общий экологический результат достигается за счет уменьшения отрицательного техногенного воздействия на окружающую среду и улучшения её состояния. Общий социально-экономический результат выражается в повышении эффективности общественного производства и улучшении условий жизни населения. Социальные результаты связаны с сокращением заболеваемости, увеличением продолжительности жизни и периода активной деятельности, улучшением условий труда и отдыха, поддержанием экологического равновесия, созданием благоприятных условий для роста творческого потенциала личности, развития экологической культуры и совершенствования нравственного сознания человека. Экономические результаты проявляются в экономии и предотвращении потерь природных ресурсов [4].

Использование обучающих игр является одним из наиболее эффективных методов в экологическом образовании, поскольку большинство из них развивают экологическое логическое мышление и позволяют прогнозировать и проектировать деятельность человека [5].

С образовательной точки зрения игра – это способ исследования возможной действительности в контексте личностных интересов. Образовательную игру от всех других видов игр отличает то, что она содержит образ проблемы, которую требуется решить лично или же вместе с другими людьми. Обучающие игры стали широко использоваться в экологическом образовании с начала 1980-х годов, они позволяют погружаться в ту или иную экологическую проблему, прочувствовать ее и смоделировать варианты решения.

По нашему мнению, игры в целом являются важным средством получения экологических знаний и могут формировать мотивацию к природоохранной деятельности в ненавязчивой и свободной форме. Разработанная нами деловая настольная игра «ЭКО-МУЛС» ориентирована на разные соци-



альные группы школьники, студенты, специалисты. Главной целью игры является повышение экологической компетентности у специалистов нефтегазовой отрасли и экологизация производства. Концепция игры включает различные образовательные модули, состоящие из 5 блоков определенной тематики, при этом возможна модернизация и выбор модулей и блоков игры в зависимости от уровня подготовленности участников.

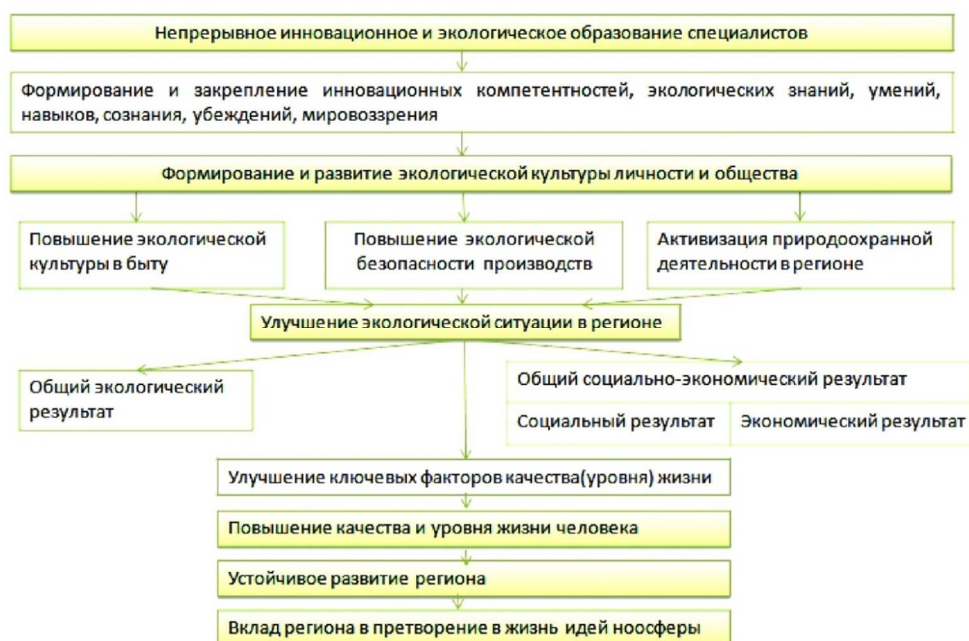


Рисунок 1 – Результативность инновационного и экологического образования специалистов

Таким образом, настольные экологические игры способствуют повышению экологической компетентности и, как правило, могут быть легко модифицированы в зависимости от образовательной цели, что делает их более гибкими и упрощает использование в учебном процессе и повышении квалификации специалистов.

Литература:

1. Перфилова О.Е. Экологическая компетентность как критерий оценки профессиональных ресурсов современного общества // Экологическая культура и образование: опыт России и Казахстана / под ред. С.Н. Глазачева и С.Т. Шалгымбаева. – Алматы, 2006.
2. Хуторской А.В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования // Народное образование. – 2003. – № 2. – С. 58–64.
3. Моложавенко В.Л. Компетентностная модель специалиста – выпускника вуза как основа проектирования технологии компетентностного подхода к образованию // Вестник университета Российской академии образования. – 2008. – № 3 (41). – С. 81–85.
4. Мухутдинова Т.З. Инновационное развитие предприятий нефтегазохимического комплекса и повышение инновационной и экологической культуры специалистов и населения // Вестник Казанского технол. ун-та. – Казань, 2012. – № 15. – С. 283–286.
5. Исаева Н.В., Чирич И.В. Деловая игра как средство активизации познавательной активности и способ формирования профессиональных компетенций студентов // Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса. – 2017. – Т. 11. – № 3. – С. 56–63.

References:

1. Perfilova O.E. Ecological competence as a criterion for evaluating professional resources of contemporary society // Ecological culture and education: the experience of Russia and Kazakhstan / edited by S.N. Glazachev and S.T. Shalgymbaev. – Almaty, 2006.
2. Khutorskoy A.V. Key competences as a component of personality-centered education paradigm // Narodnoe Obrazovanie. – 2003. – № 2. – P. 58–64.
3. Molozhavenko V.L. Competence Model of the Specialist – University Graduate as a basis for designing the technology of competence approach to education (in Russian) // Bulletin of the Russian Academy of Education. – 2008. – № 3 (41). – P. 81–85.
4. Mukhutdinova T.Z. Innovative development of petrochemical enterprises and increasing innovation and environmental culture of specialists and the population // Bulletin of Kazan Technological University. – Kazan, 2012. – № 15. – P. 283–286.
5. Isaeva N.V., Chirich I.V. Business game as a means of activating cognitive activity and a way of forming professional competencies of students // Bulletin of the Association of Universities of Tourism and Service. – 2017. – Vol. 11. – № 3. – P. 56–63.



УДК 665.642

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КАТАЛИЗАТОРА ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЦЕССА КРЕКИНГА ТЯЖЕЛОГО НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ

STUDY OF THE INFLUENCE OF THERMAL PRE-TREATMENT OF A NATURAL CATALYST ON THE RESULTS OF THE CRACKING PROCESS OF HEAVY OIL FEEDSTOCK

Зурнина Анна Александровна

аспирант, младший научный сотрудник
кафедры химической технологии переработки нефти и газа,
Самарский государственный технический университет
anna.zurnina.95@mail.ru

Максимов Николай Михайлович

кандидат химических наук, доцент
кафедры химической технологии переработки нефти и газа,
Самарский государственный технический университет
maximovnm@mail.ru

Тыщенко Владимир Александрович

доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Химическая технология
переработки нефти и газа»,
Самарский государственный технический университет
vladimir.al.tyshchenko@gmail.com

Аннотация. Проведены исследования процесса термического крекинга деасфальтизата в присутствии катализатора природного происхождения. Исследована зависимость выхода различных фракций от проведённой термической предобработки катализатора.

Ключевые слова: тяжелое нефтяное сырье, крекинг, металлический катализатор, материальный баланс.

Zurnina Anna Aleksandrovna

Postgraduate Student, Junior Researcher,
Department of Chemical Technology of
Oil and Gas Processing,
Samara State Technical University
anna.zurnina.95@mail.ru

Maksimov Nikolai Mikhailovich

Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor,
Department of Chemical Technology of
Oil and Gas Processing,
Samara State Technical University
maximovnm@mail.ru

Tyshchenko Vladimir Aleksandrovich

Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor,
Head of the department «Chemical
Technology of Oil and Gas Processing»,
Samara State Technical University
vladimir.al.tyshchenko@gmail.com

Annotation. The process of thermal cracking of deasphaltisate in the presence of a catalyst of natural origin has been studied. The influence of the thermal pretreatment of the catalyst on the yield of various fractions has been investigated.

Keywords: heavy oil feedstock, cracking, metal catalyst, material balance.

Для переработки тяжелых нефтей и нефтяных остатков интересными решениями являются процессы каталитического термокрекинга. Такие процессы нечувствительны к загрязняющим веществам, металлам и гетероатомам, поскольку свежий катализатор непрерывно поступает в реактор. Однако стоимость свежего катализатора и его рециркуляция / регенерация оказывают большое влияние на экономические показатели таких процессов. В этой связи становится актуальным использование природных материалов, имеющих мощную сырьевую базу и, следовательно, довольно дешевых. Кроме того, достаточно интересным является рассмотрение варианта безводородной переработки тяжелой нефти и нефтяных остатков.

В качестве катализаторов крекинга в суспендированной фазе могут быть использованы высокоэффективные катализаторы на основе бокситов. Такие исследования представлены в работе [1], были изучены физико-химические свойства кислотно-модифицированных молибденсодержащих бокситов. В качестве исходного сырья использовалась каменноугольная смола, побочный продукт карбонизации/газификации угля, которая имеет существенный сырьевой потенциал, и в будущем может рассматриваться как потенциальное сырье для нефтеперерабатывающих заводов. Результаты показывают, что модификация боксита растворами HCl или H₂C₂O₄ может привести к формированию катализатора с высокой удельной площадью поверхности и объемом пор. При использовании катализатор показал высокий выход жидких нефтепродуктов и снижение выхода кокса и газа. Предварительная оценка показала, что носитель, полученный из бокситов, может снизить общую стоимость катализатора на 50–60 % по сравнению с обычным носителем γ-Al₂O₃.

В исследовании [2] представлен новый вид катализаторов на основе Mo для гидрокрекинга высокотемпературной каменноугольной смолы. Катализаторы отличаются своими носителями, полученными из природного боксита. Природный боксит был модифицирован путем обработки различными кислотами.



Свойства катализаторов на основе полученных носителей были исследованы в процессе гидрокрекинга в суспендированной фазе в реакторе периодического действия. Результаты показывают, что модификации прокаленного природного боксита как с HCl , так и с $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ дают два носителя с увеличенной удельной поверхностью и объемом пор и повышенной кислотностью. Кроме того, носитель, полученный из боксита, может снизить общую стоимость катализатора на 50–60 % по сравнению с обычным носителем $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Конверсия исходного сырья на данных катализаторах составляет от 73 до 80 % (в некаталитическом эксперименте 68 %), выход фракций, выкипающих до 510 °C превышает 70–80 % мас.

В работе [3] изучены различные катализаторы в виде суспендированной фазы: оксиды молибдена, железа и руды (молибденит, гематит и магнетит) из разных мексиканских месторождений. Влияние концентрации катализатора изучали в диапазоне 0–13 333 ppm активного металла (молибден или железо) по интенсивности крекинга. Показано, что требуемая минимальная концентрация катализатора для получения улучшенной сырой нефти с подходящими для транспортировки свойствами (плотность по API более 16° и вязкость при 37,8 °C менее 250 сСт) составляет 5000 ppm. В выбранных условиях образование кокса не является значительным. Селективность по газам низкая. Молибден показал лучшую гидрирующую способность, чем железо, что является путем увеличения выхода легких фракций. В зависимости от концентрации, типа и содержания металлов в катализаторах была получена конверсия вакуумного остатка в диапазоне 37–49 %.

В работе [4] был исследован процесс крекинга битуминозного песка Athabasca в суспендированном слое катализатора, в качестве которого использовалась минеральная руда лимонит. Анализ процесса продемонстрировал его экономическую эффективность.

В исследовании [5] изучались каталитические эффекты природных австралийских и бразильских лимонитов, используемых в гидрокрекинге бразильского вакуумного остатка Marlim. Каталитическое поведение лимонитов сравнивалось с катализатором $\text{NiO-MoO}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ (NiMo). Лимонитные катализаторы показали относительно более высокие конверсии и выходы дистиллятов в гидрокрекинге, чем катализатор NiMo . Образование кокса эффективно подавлялось при высоком давлении водорода. Лимонитные катализаторы показали более низкую активность по удалению азота и серы, чем NiMo , но оба оказались более активными по удалению никеля.

По сравнению с катализаторами $\text{Ni-Mo / Al}_2\text{O}_3$ и $\text{Co-Mo / Al}_2\text{O}_3$, наночастицы оксида железа (Fe_2O_3) потенциально экономически эффективны, поскольку гематит ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) является одним из наиболее распространенных минералов оксида железа и также нетоксичен [6]. Наночастицы оксида железа не требуют строгих и специальных методов приготовления, они могут быть легко разделены с помощью магнитного разделения. Добавление диоксида кремния (SiO_2) и маггемита ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) для синтеза *in situ* существенно увеличивает выход вырабатываемых топливных дистиллятов и уменьшает энергию активации термокatalитической конверсии тяжелой нефти [7]. Также показано, что дисперсные катализаторы на основе железа позволяют облагораживать чрезвычайно тяжелую нефть с вязкостью от 500 до 1,3 Па·с, содержанием серы 14 % и конверсией 41 % при 420 °C, 11 МПа и времени пребывания 1 ч с использованием реактора с мешалкой [8].

В работе [9] в качестве катализатора гидрокрекинга в суспендированной фазе использовался катализатор на основе железа, красной глины, модифицированный различными растворами. Катализатор на основе красной глины, активированной фосфорной кислотой, показал самую высокую каталитическую активность, т.к. активация фосфорной кислотой приводила к уменьшению размера частиц, что облегчало превращение красной глины в активную сульфидную форму в реакции.

На основе проведенного анализа литературы можно заключить, что работы по исследованию природных материалов в качестве катализаторов в процессе термического крекинга не носят систематического характера. Использование нативного сырья осложняет изучение механизма реакций и взаимного влияния компонентов. В связи с этим актуальным является исследование реакций, их механизмов и поведения катализатора на основе природных материалов в реакциях модельных соединений, позволяющих достаточно детально разобраться в превращениях и выявить «сильные» и «слабые» стороны процесса, а также дать рекомендации по его проведению на более тяжелых видах реального нефтяного сырья. Также полезно проведение сравнительного анализа с типичными катализаторами кислотного типа, химия и механизмы реакций различных органических соединений и, в том числе, нативного сырья на которых изучены достаточно детально [10].

В данной работе в качестве катализатора был использован катализатор, приготовленный на основе природного материала. Железно-марганцевый катализатор (ЖМК) содержит железо (19 % мас.) и марганец в количестве (20 % мас.), а также оксид кремния и оксиды металлов переменной валентности. Целью исследований является изучение влияния термической предобработки данного катализатора на выход продуктов процесса термического крекинга.

Испытания катализатора ЖМК проводились на установке периодического действия под атмосферным давлением при температуре 440 ± 1 °C. В реактор загружали катализатор в количестве 5 % мас. Время контакта составляло 1,5 ч. В качестве сырья использовался деасфальтизат. Характеристики сырья приведены в таблице 1. Схема установки представлена на рисунке 1. Условия проведения экспериментов приведены в таблице 2.

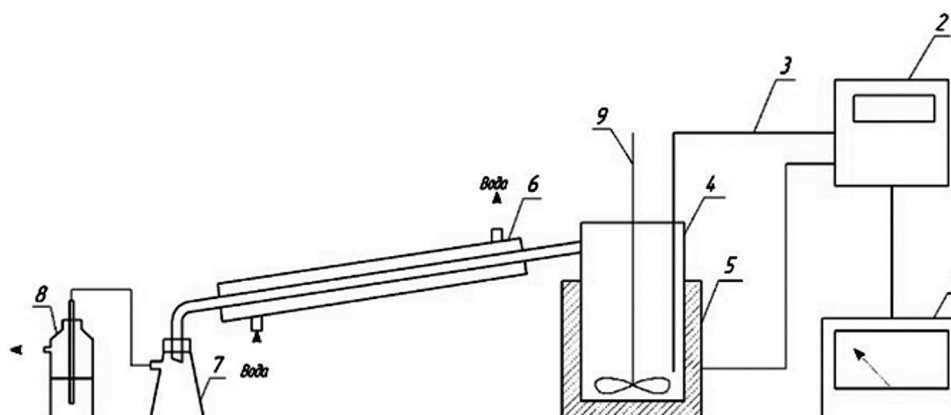


Рисунок 1 – Схема установки периодического действия: 1 – ЛАТР, 2 – термометр, 3 – термопара, 4 – реактор, 5 – печь, 6 – водяной холодильник, 7 – приемник катализатора, 8 – абсорбер, 9 – мешалка

Таблица 1 – Характеристики деасфальтизата

Показатель	Значение
Плотность, кг / м ³	924,00
Содержание серы, % мас.	1,65
Йодное число, г J ₂ / 100 г деасфальтизата	4,00
Содержание ароматических углеводородов, % мас.	
моноциклических	27,70
бициклических	11,80
полициклических	49,80

Были проведены каталитические испытания на катализаторе ЖМК в количестве 5 % мас. (эксперимент 2) и с закоксованным в течение эксперимента 2 катализатором (эксперимент 3). Далее проводились испытания с порцией катализатора в количестве 5 % мас., предварительно термически обработанной при 500, 600 и 700 °С (эксперименты 4, 6 и 8), а также испытания на закоксованных в течение экспериментов 4, 6 и 8 образцах катализатора ЖМК (эксперимент 5, 7 и 9 соответственно). В качестве эксперимента сравнения был проведен процесс без добавления в сырье катализатора (эксперимент 1). Материальные балансы экспериментов приведены в таблице 3, сравнение выходов полученных продуктов приведено на рисунках 2–7.

Таблица 2 – Условия проведения экспериментов по изучению каталитической активности образца КМК-5

№	Катализатор	Параметры эксперимента		
		t, °С	Время реакции, ч	Давление, МПа
1	Эксперимент без катализатора	440	1,5	0,1
2	Эксперимент со свежей порцией катализатора ЖМК в количестве 5 % мас.	440	1,5	0,1
3	Эксперимент с порцией катализатора, закоксованного в эксперименте 2	440	1,5	0,1
4	Эксперимент с порцией катализатора ЖМК в количестве 5 % мас., предварительно термически обработанной при 500 °С	440	1,5	0,1
5	Эксперимент с порцией катализатора, закоксованного в эксперименте 4	440	1,5	0,1
6	Эксперимент с порцией катализатора ЖМК в количестве 5 % мас., предварительно термически обработанной при 600 °С	440	1,5	0,1
7	Эксперимент с порцией катализатора, закоксованного в эксперименте 6	440	1,5	0,1
8	Эксперимент с порцией катализатора ЖМК в количестве 5 % мас., предварительно термически обработанной при 700 °С	440	1,5	0,1
9	Эксперимент с порцией катализатора, закоксованного в эксперименте 8	440	1,5	0,1



С увеличением температуры предобработки катализатора уменьшается количество получаемого газа.

Для закоксованных образцов катализатора, подвергнутого термической предобработке по сравнению с закоксованным образцом свежего катализатора, наблюдаются уменьшение выхода газа.

Таблица 3 – Материальные балансы экспериментов

№ эксперимента	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Взято									
Деасфальтизат	100,00	95,00	100,00	95,00	100,00	95,00	100,00	95,00	100,00
Катализатор	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00
Итого	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Получено									
Газ	9,37	13,11	13,47	13,53	11,82	12,22	8,69	10,73	11,27
Фракция НК-180 °С	13,95	9,50	11,08	11,60	14,57	12,96	12,80	11,64	13,04
Фракция 180-280 °С	20,13	17,28	17,56	17,86	18,78	19,60	19,11	19,08	20,64
Фракция 280-350 °С	23,65	22,03	24,35	21,60	19,97	21,76	22,38	24,20	27,89
Фракция > 350 °С	18,74	24,31	27,15	18,48	13,30	16,25	13,03	9,53	20,29
Кокс	14,16	13,77	6,39	16,94	21,56	17,21	23,98	24,81	6,87
Итого	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

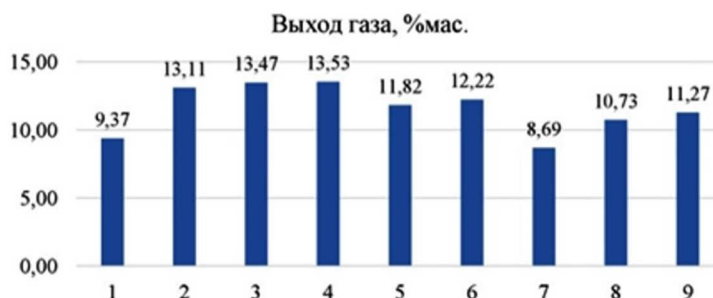


Рисунок 2

При испытаниях на образцах катализатора КМК-5, подвергнутых предварительной термической предобработке, наблюдается больший выход светлых нефтепродуктов, чем при испытании на образце, не подвергнутом предобработке. При этом максимальные выходы фракций НК-180 и 180–280 °С наблюдались для образца катализатора, подвергнутого предварительной термической обработке при температуре 600 °С.



Рисунок 3



Рисунок 4



Для закоксованных образцов катализатора, подвергнутого термической предобработке по сравнению с закоксованным образцом свежего катализатора, наблюдаются увеличение выхода фракций НК-180 и 180–280 °С.

При испытаниях на свежих и закоксованных образцах катализатора КМК-5, подвергнутых предварительной термической предобработке, наблюдается рост выхода фракции 280–350 °С с ростом температуры предобработки.

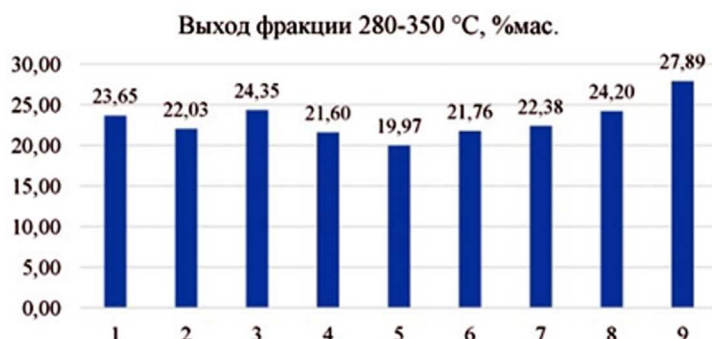


Рисунок 5

При испытаниях на образцах катализатора КМК-5, подвергнутых предварительной термической предобработке, значительно снижается выход фракции, выкипающей выше 350 °С, по сравнению с опытом на образце, не подвергнутом предобработке.

Для закоксованных образцов катализатора, подвергнутого термической предобработке по сравнению с закоксованным образцом свежего катализатора, наблюдаются уменьшение выхода фракции > 350 °С.

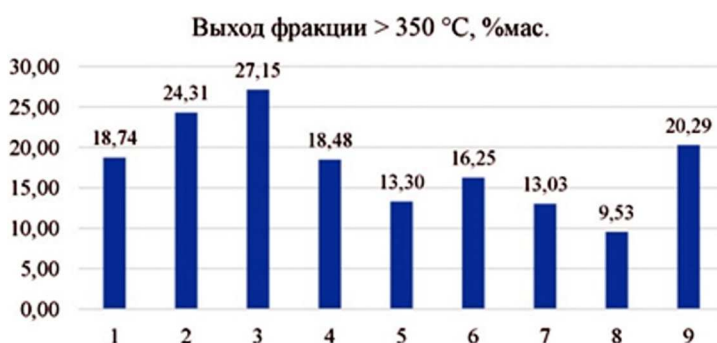


Рисунок 6

При проведении процесса крекинга без катализатора возрастает выход нецелевого продукта (кокса). Следовательно, катализатор позволяет снизить количество кокса в продуктах процесса

Проведение термической предобработки катализатора КМК-5 при температуре 700 °С нецелесообразно, т.к. при этом значительно возрастает количество образовавшегося кокса.

Для закоксованных образцов катализатора, подвергнутого предварительной термической предобработке по сравнению с закоксованным образцом свежего катализатора значительно возросло количество образующегося кокса (за исключением эксперимента 9).



Рисунок 7



Литература:

1. Бао Х., Ыуе Ы., Ли Й. Экономически эффективная стратегия приготовления высокоэффективных катализаторов гидрокрекинга в суспензионной фазе из модифицированного кислотой боксита. Аннотации статей, 253-я Национальная выставка и собрание Американского химического общества. – Сан-Франциско, Калифорния, США, 2–6 апреля 2017.
2. Кислотно-модифицированный природный минерал боксит в качестве экономичного и высокоэффективного носителя катализатора для суспензионного гидрокрекинга высокотемпературной каменноугольной смолы / Ы. Ыуе [и др.] // Энергия и топлива, 2016. – Т. 30. – С. 9203–9209.
3. Куитиан А., Анчита Х. Частичное улучшение качества тяжелой сырой нефти суспензионным гидрокрекингом с рудными катализаторами аналитической чистоты // Энергия и топлива. – 2016. – Т. 30. – № 12. – С. 10117–10125.
4. Рентабельное преобразование нефтеносных песков в дистилляты / Т. Окуи [и др.] // Переработка углеводородов, 2006. – Т. 85. – № 1. – С. 79–81, 83–85.
5. Гидрокрекинг бразильского вакуумного остатка Марлим в присутствии природного лимонита / А. Матсумура [и др.] // Часть 1: каталитическая активность природного лимонита. Топливо. – 2005. – Т. 84. – С. 411–416.
6. Наночастицы гематита в аквагермолизе: исследование десульфуризации тиофена / М. Кхалил [и др.] // Топливо. – 2015. – Т. 145. – С. 214–220.
7. Термокаталитическое горение *in situ*: Влияние наночастиц на пиролиз и окисление сырой нефти / М. Резаеи [и др.] // Топливо. – 2013. – Т. 113. – С. 516–521.
8. Использование дисперсного железного катализатора для улучшения качества сверхтяжелой сырой нефти с использованием метана в качестве источника водорода / Ц. Оваллес [и др.] // Топливо. – 2003. – Т. 82. – С. 887–892.
9. Модификация одноразовых красных шламовых катализаторов (красная глина) суспензионного гидрокрекинга вакуумного остатка / Ц. Нгуыен-Хуы [и др.] // Chem. Eng. Technol. – 2013. – Т. 36. – № 8. – С. 1365–1370.
10. Суханов В.П. Каталитические процессы в нефтепереработке. – М. : Химия, 1979. – 344 с.

References:

1. Bao X., Yue Y., Li Y. Cost-effective strategy for preparation of high performance hydrocracking catalysts in suspension phase from acid modified bauxite. Abstracts of papers, 253rd National Exhibition and Meeting of the American Chemical Society. – San Francisco, CA, USA, April 2–6, 2017.
2. Acid-modified natural mineral bauxite as an economical and highly efficient catalyst carrier for suspension hydrocracking of high-temperature coal tar / Y. Yue [et al.] // Energy and Fuel, 2016. – Vol. 30. – P. 9203–9209.
3. Kuitian A., Anchita H. Partial improvement of heavy crude oil quality by suspension hydrocracking with ore catalysts of analytical purity // Energy and Fuels. – 2016. – Vol. 30. – № 12. – P. 10117–10125.
4. Cost-effective conversion of oil sands into distillates / T. Okui [et al.] // Hydrocarbon Refining, 2006. – Vol. 85. – № 1. – P. 79–81, 83–85.
5. Hydrocracking of Brazilian Marlim vacuum residue in the presence of natural limonite / A. Mat-sumura [et al.] // Part 1: Catalytic activity of natural limonite. Fuel. – 2005. – Vol. 84. – P. 411–416.
6. Hematite nanoparticles in aquathermolysis: study of thiophene desulfurization / M. Khalil [et al.]. – 2015. – Vol. 145. – P. 214–220.
7. Thermocatalytic combustion *in situ*: Effect of nanoparticles on pyrolysis and oxidation of crude oil / M. Rezaei [et al.] // Fuel. – 2013. – Vol. 113. – P. 516–521.
8. The use of dispersed iron catalyst to improve the quality of extra-heavy crude oil using methane as a source of hydrogen / C. Ovalles [et al.] // Fuel. – 2003. – Vol. 82. – P. 887–892.
9. Modification of single-use red slurry catalysts (red clay) of suspension hydrocracking of vacuum residue / C. Nguyen-Hui [et al.] // Chem. Eng. Technol. – 2013. – Vol. 36. – № 8. – P. 1365–1370.
10. Sukhanov V.P. Catalytic processes in oil refining. – M. : Chemistry, 1979. – 344 p.



УДК 665.6

АВТОМОБИЛЬНЫЙ БЕНЗИН ВЫСОКООКТАНОВЫЙ

HIGH-OCTANE AUTOMOTIVE GASOLINE

Ковалева Екатерина Борисовна

инженер-лаборант ОТК ИЦ-УКК,
АО «Ангарская нефтехимическая компания»
smorjonok@mail.ru

Дьячкова Светлана Георгиевна

доктор химических наук, профессор,
зав.кафедрой химической технологии,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет
dyachkova@istu.edu

Ганина Анна Александровна

главный специалист по нефтехимии ОТМ ИЦ-УКК,
АО «Ангарская нефтехимическая компания»
ganinaaaa@anhk.rosneft.ru

Олейник Даниил Александрович

инженер-лаборант ОТМ ИЦ-УКК,
АО «Ангарская нефтехимическая компания»
oleinikdang@yandex.ru

Аннотация. Описан способ получения автомобильного бензина высокооктанового экологического класса К5 марки АИ-100-К5 в АО «Ангарская нефтехимическая компания», предназначенного для использования в качестве моторного топлива в двигателях внутреннего сгорания с искровым воспламенителем, сконструированными для работы на неэтилированном бензине. В результате моделирования определена оптимальная рецептура и качество компонентов. Подобраны параметры технологического режима блоке риформинга установки Л-35 / 11-1000 цеха 8 / 14 НПП для получения основного компонента – тяжелого риформата.

Ключевые слова: высокооктановый бензин, октановое число, опытно-промышленная партия, автомобильный бензин АИ-100-К5, компоненты.

Kovaleva Ekaterina Borisovna

Laboratory Engineer of OTK ITs-UKK,
JSC «Angarsk Petrochemical Company»
smorjonok@mail.ru

Dyachkova Svetlana Georgievna

Doctor of Chemistry, Professor,
Head of the Department of
Chemical Technology,
Federal State Budgetary Educational
Institution of Higher Education «Irkutsk
National Research Technical University»
dyachkova@istu.edu

Ganina Anna Alexandrovna

Chief Specialist for Petrochemistry
OTM ITs-UKK,
JSC «Angarsk Petrochemical Company»
ganinaaaa@anhk.rosneft.ru

Oleinik Daniil Alexandrovich

Laboratory Engineer of OTK ITs-UKK,
JSC «Angarsk Petrochemical Company»
oleinikdang@yandex.ru

Annotation. A method for producing motor gasoline of high-octane ecological class K5, grade AI-100-K5, at Angarsk Petrochemical Company JSC, intended for use as a motor fuel in internal combustion engines with a spark ignitor, designed to run on unleaded gasoline, is described. As a result of modeling, the optimal recipe and quality of the components were determined. The parameters of the technological mode of the reforming unit of the L-35 / 11-1000 unit of the shop 8 / 14 NPP were selected to obtain the main component – heavy reformat.

Keywords: high-octane gasoline, octane number, pilot batch, motor gasoline AI-100-K5, components.

Автомобильный бензин с октановым числом 100 предназначен для автомобилей с двигателями, имеющими высокую степень сжатия и, в большинстве случаев, оснащенными турбокомпрессором, обеспечивает максимально эффективную работу моторов спортивных автомобилей, а также для моторов, рассчитанных на бензин с октановым числом выше 95. Каждый двигатель при его разработке и доводке ориентируют на определенный диапазон работы системы топливоподачи и зажигания. При этом производитель дает рекомендации по октановому числу топлива, допустимого к использованию на таких моторах. Для автопроизводителя переход на высокооктановые топлива — это проявление конкурентной борьбы в стремлении снизить расход топлива и выбросы вредных веществ без потери мощности двигателей [1].

На сегодняшний день объем выпуска бензина с октановым числом 100 в России увеличивается. Бензин с октановым числом 100 производят Нижегородский НПЗ «Лукойла», Омский НПЗ «Газпром нефти», Рязанский НПЗ «Роснефти», Новоуфимский НПЗ «Башнефти», которой управляет «Роснефть», и Нижнекамский НПЗ «Танеко» компании «Татнефть». Согласно данным независимого международного ценового агентства Argus Media, объем выпуска бензина с октановым числом 100 в России на период январь – сентябрь 2019 г. увеличился по сравнению с таким же периодом 2018 г. на 49,2 тыс. т, до 172,9 тыс. т. [2]. Наибольший объем продукта за девять месяцев выработал Нижегородский НПЗ – 85,4 тыс. т бензина Экто-100 по сравнению с 86,7 тыс. т – за аналогичный период



2018 г. Рязанский НПЗ увеличил выпуск бензина Pulsar-100 в январе–сентябре на 24,3 тыс. т, до 35,4 тыс. т. В свою очередь, Омский НПЗ повысил объем выпуска бензина G-Drive 100 на 18,1 тыс. т, до 44 тыс. т. Новоуфимский, Нижнекамский и Хабаровский НПЗ выработали небольшие объемы бензина Аи-100 в январе–сентябре – 6,4 тыс. т, 1,3 тыс. т и 0,4 тыс. т соответственно, а в январе–сентябре прошлого года эти заводы не выпускали данный продукт. «Роснефть» выработала первую пробную партию бензина Pulsar-100 на Рязанском НПЗ в марте 2018 г, а в августе приступила к реализации через розничную сеть заправок в Москве и Московской области. «Башнефть» реализует данное топливо на 25 АЗС в Башкирии, Свердловской области и Мордовии, по данным «Роснефти». Кроме того, в марте Нижнекамский НПЗ «Танеко» приступил к выпуску бензина TANECO-100.

Производство автомобильного бензина высокооктанового экологического класса К5 марки АИ-100-К5 в АО «Ангарская нефтехимическая компания» предполагалось проводить путем компаундирования: тяжелого риформата, изомеризата, рафината фракции С4, компонента бензинового высокооктанового(алкилата) и оксигенатной добавки – метил-трет-бутилового эфира.

С помощью программного пакета Aspen PIMS program (Process Industry Modeling System) был смоделирован оптимальный состав, и определено качество исходных компонентов. Согласно расчетам установлено, все используемые при компаундировании высокооктанового автобензина компоненты, за исключением тяжелого риформата, удовлетворяют требованиям по качеству, приводящим к получению бензина заданного качества. Тяжелый риформат, вовлекаемый в высокооктановый автобензин должен иметь показатель «Октановое число» (исследовательский метод / моторный) равный 99.5/89.5, в то время как сейчас эти значения ниже и равны – 97.2 / 87.1, соответственно. Для повышения значения данного показателя было предложено изменить технологический режим установки Л-35 / 11-1000 цеха 8 / 14 НПП каталитического риформинга. Так на первом этапе был увеличен отбор бензолсодержащей фракции с $10\text{ м}^3 / \text{ч}$ до $13\text{ м}^3 / \text{ч}$, что позволило увеличить октановое число на 0,5 пункта и получить компонент с показателями ИОЧ / МОЧ – 98,6 / 88,4. Дальнейшее увеличение требуемых показателей было достигнуто за счет увеличения на 1 градус (с 480 до 481 °С) температуры сырья на входе в реакторы блока риформинга. Полученный таким образом тяжелый риформат соответствовал требованиям по ОЧ и мог быть вовлечен в производство бензина АИ-100-К5.

В ноябре 2020 года в АО «Ангарская нефтехимическая компания» была получена опытно-промышленная партия автомобильного бензина высокооктанового экологического класса К5 марки АИ-100-К5, предназначенного для использования в качестве моторного топлива в двигателях внутреннего сгорания с искровым воспламенителем, сконструированным для работы на неэтилированном бензине.

Результаты испытаний образца из опытно-промышленной партии бензина АИ-100-К5, выработанной АО «АНХК» по утвержденной технологии свидетельствуют, что бензин АИ-100-К5 соответствует требованиям СТО 44905015-005-2017 и нормам, установленным для эксплуатационных свойств бензина АИ-100-К5, определяемых квалификационными методами. Необходимо отметить, что для испытываемого опытно-промышленного образца автомобильного бензина марки АИ-100-К5 значение коэффициента распределения детонационной стойкости, близко к максимальному – 1, что свидетельствует о стабильности антидетонационных свойств бензина в условиях его фракционирования во впускном трубопроводе двигателя. Полученные результаты испытаний подтвердили технологическую готовность производства в АО «АНХК» автомобильного бензина марки АИ-100-К5.

Литература:

1. URL : <https://www.zr.ru/content/articles/920573-benzin-ai100-lit-ili-ne-lit/> (дата обращения 06.03.21).
2. URL : https://view.argusmedia.com/FSU-EMD-2019-12-PET-GasolineAI-100productionisgrowinginRussia_01-DownloadWP.html (дата обращения 06.03.21).

References:

1. URL : <https://www.zr.ru/content/articles/920573-benzin-ai100-lit-ili-ne-lit/> (дата обращения 06.03.21).
2. URL : https://view.argusmedia.com/FSU-EMD-2019-12-PET-GasolineAI-100productionisgrowinginRussia_01-DownloadWP.html (дата обращения 06.03.21).



УДК 519.876.330

ПРИНЦИПЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ЭТИЛЕНА ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

PRINCIPLES OF OPTIMIZING ETHYLENE POLYMERIZATION PROCESS HIGH PRESSURE

Меликов Эльчин Адиль оглы

кандидат технических наук,
доцент кафедры управления и инженерии систем,
Азербайджанский государственный университет
нефти и промышленности
elchin03@mail.ru

Магеррамова Тамелла Мустафа кызы

кандидат технических наук,
доцент кафедры управления и инженерии систем,
Азербайджанский государственный университет
нефти и промышленности
tamellatm@gmail.com

Аннотация. Полиэтилен является старейшим термопластичным полимером этилена, относящийся к классу полиолефинов и остающийся основным и самым незаменимым в важнейшем производстве широко используемых повсеместно пленок, пакетов, контейнеров и других упаковочных материалов. Несмотря на быстрое развитие новых технологий и внедрение современных материалов, значимость полиэтилена высокого давления не становится меньше, а наоборот, спрос на него постоянно только растет.

В связи с этим, на основе всестороннего изучения особенностей рассматриваемого процесса, используя современный комплекс технических средств автоматизации и, разрабатывая эффективные математические модели, методы и алгоритмы управления им, возникает необходимость разработки концепции и основных принципов формулирования задачи оптимизации функционирования технологического процесса получения полиэтилена высокого давления.

Ключевые слова: производство полимеров, полимеризация этилена, трубчатый реактор, технологический процесс, полиэтилен высокого давления, радикальный механизм, химизм полимеризации, термическое разложение, технологический параметр, задача оптимизации.

Melikov Elchin Adil

Ph. D., Associate Professor of
Control and engineering systems,
Azerbaijan State University of Oil and Industry
elchin03@mail.ru

Magarramova Tamella Mustafa

Ph. D., Associate Professor of
Control and engineering systems,
Azerbaijan State University of Oil and Industry
tamellatm@gmail.com

Annotation. Polyethylene is the oldest thermoplastic ethylene polymer in the polyolefin class and remains the main and most indispensable in the most important production of widely used films, bags, containers and other packaging materials. Despite the rapid development of new technologies and the introduction of modern materials, the importance of high pressure polyethylene is not diminishing, but on the contrary, the demand for it is constantly growing.

In this regard, on the basis of a comprehensive study of the process features of under consideration, using a modern set of technical means of automation and, developing effective mathematical models, methods and algorithms for controlling it, it becomes necessary to develop a concept and basic principles for formulating the problem of optimizing the functioning for the technological process of obtaining high pressure polyethylene.

Keywords: polymer production, ethylene polymerization, tubular reactor, technological process, high-pressure polyethylene, radical mechanism, polymerization chemistry, thermal decomposition, technological parameter, optimization problem.

Как известно, полиэтилен занимает ведущее место в мире в области производства полимеров, которые синтезируются методом полимеризации. Здесь, одним из основных методов его производства является полимеризация этилена, осуществляемая под высоким давлением.

Продукт – этилен, являющийся сырьем в процессе получения полиэтилена, при этом, получают пиролизом предельных углеводородов и в печах пиролиза с получением смеси предельных и непредельных углеводородов, так называемого пирогаза [1–3].

Как сказано выше, сырьем для производства полиэтилена является этилен высокой чистоты 99,8 %. Существуют две химические концепции производства полиэтилена:

- 1) радикальная полимеризация этилена в газовой фазе;
- 2) координационно-ионная полимеризация этилена в бензиновом растворе.

Поэтому на их основе были разработаны две технологические концепции:

- 1) производство полиэтилена высокого давления;
- 2) производство полиэтилена низкого давления.

Отметим, что полиэтилен высокого давления образуется при следующих условиях:

- температура 200 ÷ 260 °С;
- давление 150 ÷ 300 МПа;
- присутствие инициатора (кислород или органический пероксид).



Основные марки получаемых полиэтиленов высокого давления или низкой плотности показаны ниже в таблице 1.1.

Таблица 1 – Основные марки полиэтилена высокого давления или низкой плотности

Марки	Индекс текучести сплава (г / 10 мин.)	ρ (г / см ³)
15503–004	0,4 ÷ 0,5	0,9190
15803–020	1,5 ÷ 2,50	0,9190
10803–020	1,8 ÷ 2,20	0,9185

Где цифры в марках означают следующее:

1 – это полимеризационный поток этилена при высоком давлении в трубе или в реакторе со смесителем в присутствии изолятора;

58 – это серийный номер базовой марки;

0 – указывает степень гомогенизации полиэтилена (0 – негомогенизирован, 1 – гомогенизация в сплаве);

3 – группы плотности (измеряется в г / см³). При этом существуют следующие группы: 1) 0,900 ÷ 0,909; 2) 0,910 ÷ 0,916; 3) 0,917 ÷ 0,921; 4) 0,922 ÷ 0,926; 5) 0,927 ÷ 0,930; 6) 0,931 – 0,939;

020 – в десять раз сниженный индекс текучести сплава.

Как было сказано выше, в промышленности полиэтилен чаще получают при высоком давлении посредством полимеризации этилена в автоклаве или же в трубчатом реакторе. Процесс в трубчатом реакторе происходит по радикальному механизму, под действием кислорода, а также органических пероксидов (лаурил, бензоил) или их смесей. При этом, смешанный с инициатором, нагретый до 700 °С и сжатый компрессором до 25 МПа, этилен сначала поступает в переднюю часть реактора, где разогревается до 1800 °С, а затем во вторую – для полимеризации при температуре 190 ÷ 300 °С и давлении 130 ÷ 250 МПа. В среднем этилен находится в реакторе 70 ÷ 100 с. Степень превращения до 20 % (все зависит от типа и количества инициатора). Из полученного полиэтилена удаляют непрореагировавший этилен, затем его охлаждают и гранулируют, после чего осуществляют сушку и упаковку. Товарный полиэтилен высокого давления выпускают в виде неокрашенных и окрашенных гранул. Полимеризация этилена под высоким давлением – это экзотермический процесс. Тепловой эффект реакции – 800 ккал / кг [4].

При этом, физико-химические свойства получаемого полиэтилена высокого давления представлены ниже:

- молекулярная масса, колеблется в пределах 30000 ÷ 400000 атомных единиц;
- кристалличность, около 60 %;
- температура стеклования, – 4 °С;
- температура плавления марок материалов, в пределах 105 ÷ 115 С;
- плотность, около 930 кг / м³;
- технологическая усадка при обработке, 1,5 ÷ 2 %;
- предел прочности при срезе, (137,2 ÷ 166,6)·105 (140 ÷ 170) Па (кгс / см²);
- предел прочности при разрыве, не менее 113 ÷ 105, 137 ÷ 105 Па (кгс / см²);
- разрушающее напряжение при изгибе, (117,6 ÷ 196,07)·105 (120 ÷ 200) Па (кгс / см²);
- температура хрупкости, не выше от –100 °С до –120 °С;
- удельное электрическое поверхностное сопротивление, 1015 Ом;
- диэлектрическая проницаемость при частоте 10¹⁰ Гц, 2,25–2,31.

Таким образом, основными технологическими параметрами, воздействующими на производство полимеров высокого давления являются температура в трубчатом реакторе (Т), давление в нем (Р), а также расход сырья (этилена) на выходе компрессора перед входом в реактор (F). На рисунке 1 представлена структурная схема трубчатого реактора как объекта управления.

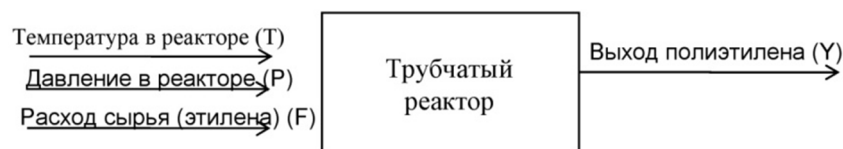


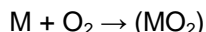
Рисунок 1 – Трубчатый реактор как объект управления

Следует отметить, что химизм полимеризации рассматриваемого процесса очень своеобразен и химия кислородной полимеризации еще недостаточно изучена.

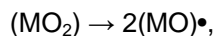
Однако установлено, что в этом случае процесс полимеризации протекает по свободно радикальному механизму.



Образование радикалов осуществляется по нижеследующей схеме:



где M – молекула этилена, (MO_2) – нестабильный промежуточный продукт, образованный этиленом с кислородом.



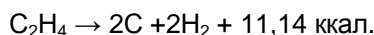
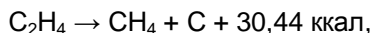
здесь, $(MO)\bullet$ – радикал, инициирующий реакцию.

Стадии растяжения и разрыва цепи подобны реакции с инициаторами пероксидного типа.

Известно, что в процессе полимеризации осуществляется термическое разложение этилена. Термическое разложение этилена может происходить в результате воздействия высоких температур во время протекания процесса [5, 6].

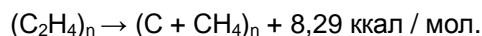
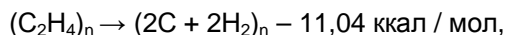
Эта реакция сопровождается чрезмерным тепловыделением и необратима. В это время быстро повышаются температура и давление.

Здесь продуктами термического разложения являются метан, углерод, водород:



Внезапное повышение давления и температуры можно предотвратить, выпустив реакционную смесь из реактора в атмосферу через быстродействующие защитные устройства.

При термическом разложении этилена полиэтилен разлагается в результате повышения высоких температур:



Имея информацию о химизме процесса получения полиэтилена, и, исходя из вышеописанного, выделив основные технологические параметры, воздействующие на него, то есть, рассматривая трубчатый реактор процесса полимеризации этилена под высоким давлением как объект управления, можно, сформулировав физически обоснованную математическую постановку задачи оптимизации получения полимеров высокого давления, решить ее одним из существующих эффективных методов нелинейного программирования, например, хорошо зарекомендовавшим себя методом множителей Лагранжа.

Литература:

1. Уайт Дж., Чойд Д. Полиэтилен, олипропилен и другие полиолефины. – СПб. : Профессия, 2006. – 262 с.
2. Tobita H. Polymerization Processes, 1. Fundamentals // Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. – Wiley, 2015. – P. 215.
3. Pyrolysis // GC / MS Data Book of Synthetic Polymers by Shin Tsuge, Hajima Ohtani, Chuichi Watanabe, 2011.
4. Эфендиев И.Р., Нуриев М.Н., Копысицкий В.Т. Алгоритмизация управления режимами реакторного блока производства этилена. – Баку, 1998.
5. PLC Programming using RSLogix 500 by Gary D. Anderson, 2015.
6. Industrial Data Communications: Fundamentals and Applications, 3rd Edition. – 2002.

References:

1. White J., Choyd D. Polyethylene, olipropylene and other polyolefins. – SPb. : Profession, 2006. – 262 p.
2. Tobita H. Polymerization Processes, 1. Fundamentals // Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. – Wiley, 2015. – P. 215.
3. Pyrolysis // GC / MS Data Book of Synthetic Polymers by Shin Tsuge, Hajima Ohtani, Chuichi Watanabe, 2011.
4. Efendiev I.R., Nuriyev M.N., Kopytskii V.T. Algorithmization of the control modes of the reactor block for the ethylene production. – Baku, 1998.
5. PLC Programming using RSLogix 500 by Gary D. Anderson, 2015.
6. Industrial Data Communications: Fundamentals and Applications, 3rd Edition. – 2002.



УДК 519.876.330

ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИЭТИЛЕНА

THE OPTIMAL MANAGEMENT PROBLEM FOR THE PROCESS OF OBTAINING POLYETHYLENE

Меликов Эльчин Адиль оглы

кандидат технических наук,
доцент кафедры управления и инженерии систем,
Азербайджанский государственный университет
нефти и промышленности
elchin03@mail.ru

Магеррамова Тамелла Мустафа кызы

кандидат технических наук,
доцент кафедры управления и инженерии систем,
Азербайджанский государственный университет
нефти и промышленности
tamellatm@gmail.com

Аннотация. Полиэтилен является органическим соединением и имеет ковалентные связи между атомами углерода. Это самый распространенный в мире пластик, представляющий собой воскообразную массу белого цвета. На обработку поступает в виде гранул от 2-х до 5-ти мм. Полиэтилен получают полимеризацией этилена. При этом, одними из актуальных проблем в этой области является разработка математической постановки задачи оптимального управления процессом получения полиэтилена высокого давления и, на основе применения одного из эффективных методов для решения поставленной задачи, осуществить поиск оптимальных режимов работы функционирования технологического процесса полимеризации этилена.

Ключевые слова: получение полиэтилена, технологический процесс, полимеризация этилена, математическая постановка, оптимальное управление, задача оптимизации, математическая модель, нелинейное программирование, метод Лагранжа, целевая функция.

Melikov Elchin Adil

Ph. D., Associate Professor of
Control and engineering systems,
Azerbaijan State University of Oil and Industry
elchin03@mail.ru

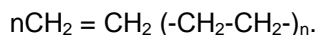
Magarramova Tamella Mustafa

Ph. D., Associate Professor of
Control and engineering systems,
Azerbaijan State University of Oil and Industry
tamellatm@gmail.com

Annotation. Polyethylene is an organic compound and has covalent bonds between carbon atoms. It is the most common plastic in the world and is a waxy white mass. For processing comes in the form of granules from 2 to 5 mm. Polyethylene is produced by polymerizing ethylene. At the same time, one of the actual problems in this area is the development of the optimal control problem mathematical formulation for the process of obtaining high-pressure polyethylene and, based on the use of one of the effective methods for solving the problem, search of optimal operating modes for the functioning of ethylene polymerization technological process.

Keywords: polyethylene production, technological process, ethylene polymerization, mathematical formulation, optimal control, optimization problem, mathematical model, nonlinear programming, Lagrange method, objective function.

Как известно, получение полиэтилена высокого давления проводят радикальной полимеризацией этилена в газовой фазе при температуре $180 \div 300$ °С и давлении $150 \div 300$ МПа. Исследуемый процесс протекает в присутствии инициаторов (молекулярного кислорода (0,003 % об.) или пероксида ди-трет-бутила. Реакция протекает через образование промежуточного пероксидного соединения с последующим гомолитическим распадом, при этом образующиеся радикалы инициируют реакцию полимеризации этилена вида:



Конверсия этилена в полиэтилен и свойства полученного полимера зависят от температуры, давления, концентрации инициатора и времени проведения полимеризации.

Технологический процесс включает следующие основные стадии:

- смешение этилена с возвратным газом и кислородом;
- двухстадийное сжатие газовой смеси;
- полимеризация этилена;
- разделение полимера и непрореагировавшего этилена;
- грануляция полимера.

Исходя из вышесказанного и на основе тщательно проведенных исследований процесса получения товарного полиэтилена высокого давления, установлено, что основными технологическими па-



раметрами, воздействующими на рассматриваемый процесс, являются температура (Т) и давление (Р) в трубчатом реакторе, а также скорости потока (количества) сырья (этилена) (F), поступающего в трубчатый реактор.

Учитывая, что в результате полимеризации этилена под высоким давлением, как удельный вес, так и количество получаемого товарного полиэтилена зависит прежде всего от температуры и давления в трубчатом реакторе, то физически обоснованная математическая постановка задачи оптимального управления процессом получения полиэтилена высокого давления можно сформулировать нижеследующим образом:

$$y = f(P, T, F) \rightarrow \max_{u \in U}, \tag{1}$$

$$0.9 \leq G(P, T, F), \tag{2}$$

$$G(P, T, F) \leq 0.939, \tag{3}$$

при следующих ограничениях, накладываемых на входные и управляющие технологические параметры:

$$\begin{cases} 150 \leq P \leq 250 \\ 190 \leq T \leq 300 \\ 18 \leq F \leq 20 \end{cases} \tag{4}$$

На основе (1) ÷ (4), словесно задачу оптимального управления процессом полимеризации этилена высокого давления можно выразить следующим образом: при заданном текущем значении этилена необходимо определить соответствующую температуру, давление и количество сырья, поступающего на вход трубчатого реактора, которые соответствуют накладываемым ограничивающим условиям (4), чтобы обеспечить максимальное количество товарного полиэтилена, получаемого при соблюдении ограничивающих условий (2) и (3).

Предположим, что согласно выходным координатам технологического процесса производства полимеров высокого давления, математические модели в общем виде представляются в виде нижеследующих уравнений [1]:

$$y^* = B_0 + B_1P + B_2T + B_3F + B_{11}P^2 + B_{12}P \cdot T + B_{13}P \cdot F + B_{22}T^2 + B_{23}T \cdot F + B_{33}F^2, \tag{5}$$

$$g^* = K_0 + K_1P + K_2T + K_3F. \tag{6}$$

Здесь y^* и g^* – соответственно, количество товарного полиэтилена высокого давления и его плотность (удельный вес), вычисленные на основе математических моделей; $K_0, B_0, K_i, B_i, B_{ij}$ ($i, j = \overline{1,3}$) – соответственно, свободные, линейные и коэффициенты взаимодействия математической модели.

Основываясь на вышеприведенных выражениях (5) и (6) сформулированной математической постановки задачи оптимального управления (1) ÷ (4), видно, что по своему характеру она является классической задачей нелинейного программирования.

Для решения классической задачи нелинейного программирования существует немало хорошо зарекомендовавших себя методов решения: метод максимума Понтрягина, динамический метод Беллмана, различные градиентные методы решения, метод множителей Лагранжа и другие методы. Для решения вышепоставленной задачи, использован метод Лагранжа [2, 3]. Суть метода Лагранжа состоит в том, чтобы свести (редуцировать) его к более простому набору задач, что дает возможность решить задачу оптимизации большой математической размерности, включая условия ограничений.

Известно, что применение метода множителей Лагранжа возможно не во всех случаях. Это обстоятельство связано с тем, что поскольку выбранный метод основан на нахождении частных производных целевой функции, решение поставленной задачи с помощью данного метода сводится к нахождению координат седловой точки, то есть решение задачи нелинейного программирования (1) ÷ (4), возможно только в том случае, если функция (5), характеризующая целевую функцию, является выпуклой.

Исходя из вышесказанного, перед тем, как применить данный метод, проанализируем выпуклые условия функции многих переменных в общем виде [4]. Согласно [5], необходимое условие выпуклости функции (5) состоит в том, что ее коэффициенты квадратичного эффекта (B_{ij} ($i, j = \overline{1,n}$)) должны быть одинакового знака (положительного или отрицательного).

Для решения задачи выпуклого программирования (1) ÷ (4) составим функцию Лагранжа в следующем виде:



$$L(P, T, F, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6) = f_1(P, T, F) + \lambda_1(g_1(P, T, F) - 0.9) + \lambda_2(0.939 - g_2(P, T, F)) + \lambda_3(250 - P) + \lambda_4(P - 150) + \lambda_5(300 - T) + \lambda_6(T - 190)$$

Здесь $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6$ – множители Лагранжа.

На основе известной теоремы Куна-Таккера [6] сформулируем необходимые и достаточные условия существования седловой точки для функции Лагранжа:

$$\frac{\partial L_0}{\partial P} \leq 0, \tag{7}$$

$$P^0 \frac{\partial L_0}{\partial P} = 0, \tag{8}$$

$$\frac{\partial L_0}{\partial T} \leq 0, \tag{9}$$

$$T^0 \frac{\partial L_0}{\partial T} = 0, \tag{10}$$

$$\frac{\partial L_0}{\partial \lambda_i} \geq 0 \quad (i = \overline{1,6}), \tag{11}$$

$$\lambda_i^0 \frac{\partial L_0}{\partial \lambda_i} = 0 \quad (i = \overline{1,6}), \tag{12}$$

$$\lambda_i^0 \geq 0 \quad (i = \overline{1,6}). \tag{13}$$

Здесь: $\frac{\partial L_0}{\partial P}, \frac{\partial L_0}{\partial T}$ и $\frac{\partial L_0}{\partial \lambda_j}, (j = \overline{1,6})$ – вычисленные значения частных производных функции Лагранжа.

Вводя неотрицательные переменные $\sigma_j (j = \overline{1,2})$ и $\eta_i (i = \overline{1,6})$, преобразуем неравенства (7), (9) и (11) в нижеследующие равенства:

$$\frac{\partial L_0}{\partial P} + \sigma_1 = 0, \tag{14}$$

$$\frac{\partial L_0}{\partial T} + \sigma_2 = 0, \tag{15}$$

$$\frac{\partial L_0}{\partial \lambda_i} - \eta_i = 0 \quad (i = \overline{1,6}), \tag{16}$$

$$P^0 \sigma_1 = 0, \tag{17}$$

$$T^0 \sigma_2 = 0, \tag{18}$$

$$\lambda_i^0 \eta_i = 0 \quad (i = \overline{1,6}), \tag{19}$$

$$\lambda_i^0 \geq 0, \sigma_i \geq 0, \eta_j \geq 0 \quad (i = \overline{1,2}, j = \overline{1,6}). \tag{20}$$

Таким образом, для нахождения решения задачи нелинейного выпуклого программирования (1) ÷ (4), необходимо определить неотрицательное решение системы линейных уравнений (14) ÷ (16), удовлетворяющее условиям (17) ÷ (20). Это решение определим с помощью метода искусственного базиса [6].

В то же время, решение уравнений (17) ÷ (19) с учетом выражений (14) ÷ (16) и условия (20) сводятся к нахождению максимума нижеследующей функции:

$$F = -M \sum_i z_i,$$

где Z_i – искусственная переменная, M – достаточно большое положительное число.



Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что необходимым условием выпуклости нелинейной целевой функции является то обстоятельство, что все ее коэффициенты квадратичного эффекта одинакового знака.

Таким образом, выше исследована и решена важная задача оптимизации функционирования технологического процесса производства полиэтилена высокого давления и, исходя из особенностей рассматриваемого процесса, выбран эффективный метод ее решения (метод множителей Лагранжа), в результате чего определены оптимальные режимы работы процесса полимеризации этилена.

Литература:

1. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. – М. : Химия. – 1985. – 448 с.
2. Бертсекас Д. Условная оптимизация и методы множителей Лагранжа. – М. : Радио и связь. – 1987. – 400 с.
3. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации // Учебное пособие, 2-ое издание. – М. : Физматлит. – 2005. – 368 с.
4. Tyrrell Rockafellar. Lagrange multipliers and optimality // SIAM Review. – 2003. – Vol. 35. – № 2. – P. 15–21.
5. Эфендиев И.Р., Мустафаев И.А., Магеррамова Т.М. Разработка алгоритмов оптимального управления технологическим процессом производства пропиленгликоля // Постановка задачи и математический анализ алгоритмов оптимизации. Известия высших учебных заведений Азербайджана. – Баку, 2002. – № 2. – С. 54–59.
6. Карманов В.Г. Математическое программирование // Учебное пособие. – М. : Физматлит. – 2001. – 263 с.

References:

1. Kafarov V.V. Cybernetics Methods in Chemistry and Chemical Technology. – M. : Chemistry. – 1985. – 448 p.
2. Bertsekas D. Conditional Optimization and Lagrange Multiplier Methods. – M. : Radio and Communications. – 1987. – 400 p.
3. Sukharev A.G., Timokhov A.V., Fedorov V.V. Course of optimization methods // Tutorial, 2nd edition. – M. : Fizmatlit. – 2005. – 368 p.
4. Tyrrell Rockafellar. Lagrange multipliers and optimality // SIAM Review. – 2003. – Vol. 35. – № 2. – P. 15–21.
5. Efendiyev I.R., Mustafayev I.A., Maharramova T.M. Development of optimal control algorithms of propylene glycol production technological process // Problem statement and mathematical analysis of optimization algorithms. Proceedings of high schools of Azerbaijan. – Baku, 2002. – № 2. – P. 54–59.
6. Karmanov V.G. Mathematical programming // Textbook. – M. : Fizmatlit. – 2001. – 263 p.



УДК 66.097

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ГЛИН

SOME ASPECTS OF USE OF NATURAL CLAYS

Мурадханлы Вида Газанфар кызы

кандидат химических наук, доцент
кафедры химии и технологии неорганических веществ,
Азербайджанский государственный университет
нефти и промышленности
vmuradkhanova@yahoo.com

Muradkhanli Vida Gazanfar

PhD in Chemistry, Associate Professor,
Department of Chemistry and technology of
Inorganic Substances,
Azerbaijan State University of Oil and Industry
vmuradkhanova@yahoo.com

Аннотация. В данной работе приведен краткий обзор использования глины в различных отраслях народного хозяйства и в частности, в химической промышленности. Будучи природным и экологически чистым материалом, глины применяются в более 200 областях, начиная от нефтедобычи и заканчивая сельским хозяйством и медициной. Глины успешно применяются в качестве сорбентов и катализаторов. С точки зрения стоимости они обходятся дешевле, чем традиционные аналоги, в то же время многие свойства находятся на сопоставимом уровне.

Annotation. This paper provides a brief overview of the use of clays in various sectors of the industry, particularly, in the chemical industry. Being a natural and environmentally friendly material, clays are used in more than 200 areas, ranging from oil production to agriculture and medicine. Clays are successfully used as sorbents and catalysts. In terms of cost, they are cheaper than traditional counterparts, while many properties are at a comparable level.

Ключевые слова: природные глины, носители, катализаторы.

Keywords: natural clays, carriers, catalysts.

В последние годы свыше 90 % вводимых в эксплуатацию химических производств включают в качестве важнейшего этапа каталитические процессы. Основные показатели химических производств, такие как выход целевого продукта, длительность непрерывной работы реакторов определяются качеством применяемого катализатора. Создание катализаторов, обладающих высокой активностью и устойчивых в работе при значительном колебании параметров технологического режима катализа, является целью технологов-разработчиков новых катализаторов [1].

Так как вовлечение новых видов природных ресурсов в народное хозяйство является важнейшей задачей, стоящей перед человечеством, применение природных катализаторов остается перспективным направлением. Природные катализаторы дешевы, технология их производства сравнительно проста. С этой точки зрения, синтез новых экологически безопасных сорбентов, носителей и катализаторов на основе природных глины вызывает большой интерес в современной технологии катализаторов.

Глины как катализаторы обладают широким спектром функций, включая использование в качестве каталитически активных агентов (как правило, твердых кислот), бифункциональных или инертных носителей, которые позволяют создавать твердые катализаторы с требуемыми физическими свойствами. Глинозёмы, кремнезёмы и глины нашли широкое применение в качестве носителей, в которых поверхностные гидроксильные группы играют важную роль для протекания многих органических реакций [2].

Глины различных типов отличаются по структуре и свойствам, поэтому их функции в составе катализаторов могут несколько отличаться. Некоторые глины, например каолин, обладают сравнительно высокой каталитической активностью в реакциях кислотного-основного катализа уже в естественном виде, после сушки и прокалывания. Другие же, требуют более глубокую предварительную обработку кислотой при соответствующих оптимальных условиях.

Природная бентонитовая глина (монтмориллонит, активированный серной кислотой) была первым промышленным катализатором крекинга, использованным в 1936 г. в процессе Гудри. На сегодняшний день вовлечение природных глины в состав катализаторов крекинга практикуется почти всеми фирмами мира. В составе современных катализаторов крекинга, активным компонентом которых являются более активные и селективные цеолиты, глины используют для обеспечения катализаторам прочности, насыпной плотности, термостабильности и формуемости. Добавление природных глины в состав катализаторов крекинга способствует формированию широкопористой структуры катализатора, обеспечивающей диффузию реагентов к активным центрам катализатора. Из множества разновидностей природных глины в промышленных катализаторах ведущие фирмы мира используют каолин и бентонитовую глину. Однако также имеются патенты с применением и других природных глины, таких как галлуазит, лапонит и т.д. [3].

Природные глины могут быть использованы в качестве катализаторов процессов этерификации, полимеризации, алкилирования ароматических углеводородов, производства серы из сернистых газов и т.д.



Способность глин к ионному обмену и высокая катионно-обменная емкость позволяет использовать их в процессе очистки сточных вод от катионов металлов и катионных органических красителей, неионогенных поверхностно-активных веществ и фенолов. Адсорбционные свойства глин различных месторождений отличаются друг от друга и зависят от их химического и минералогического состава, а также от таких физико-химических свойств, как дисперсность, пористость, сорбционная емкость.

Основным породообразующим минералом бентонитовых глин является монтмориллонит. Благодаря особенности структуры монтмориллонита – глинистого минерала группы смектита, бентонит может быть использован для создания изолирующих барьеров в местах захоронения токсичных, в том числе радиоактивных отходов. Размещение бентонита в пространстве между контейнерами с отходами и горной породой тоннелей позволяет ограничить доступ подземных вод к высокоактивным твердым радиоактивным отходам, предотвратить поступление радионуклидов в коллоидной форме в подземные воды, обеспечить эффективную сорбцию радионуклидов после аварийной разгерметизации контейнеров с отходами, запечатать открытые трещины и крупные поры в горных породах за счет высокой набухаемости и т.д. [4].

Природные глины также находят широкое применение как носители для катализаторов. Для промышленных катализаторов в качестве носителей используют в основном диатомит, каолин и бентонит, а также их производные. Как известно, прокаливанием глин в широком интервале варьирования температуры возможно добиться получения носителей с различной структурой и физико-химическими свойствами. При нагревании в глине происходят сложные физико-химические процессы, фазовые превращения, в результате чего изменяется минералогический состав, а следовательно, и каталитически активная поверхность. Катализаторы могут быть изготовлены как на носителях с малой, так и с высокоразвитой удельной поверхностью. Имеется множество публикаций, относительно применения катализаторов на основе природных глин в процессах оксихлорирования [5, 6].

В настоящее время перспективным направлением развития работ по изучению каталитической активности глин можно считать работы, связанные с использованием столбчатых или пиларированных глин, а также глин, модифицированных наночастицами металлов. Пиларированные глины являются новым классом высокопористых материалов, получаемых путем обмена катионов, находящихся в межслоевом пространстве глин типа монтмориллонита, на неорганические полиоксо (гидроксо) катионы. Металлооксидные кластеры, называемые столбцами, в процессе синтеза встраиваются между слоями глины, препятствуют их сближению, в результате чего образуется двумерная пористая структура, в которой межслоевое расстояние намного больше, чем в исходном материале. Введение в межслоевое пространство глин оксидов переходных металлов, открывает широкие возможности для их применения в качестве катализаторов окислительно-восстановительных процессов [7–9].

Применение глин не ограничивается химической промышленностью. Они также широко применяются в производстве керамической плитки, огнеупоров, тонкой керамики, в производстве кирпича, керамзита, черепицы и др. строительных материалов, в бумажной, резиновой, масло-жировой отраслях промышленности, для бытовых нужд и как материал для художественных работ. Глины находят широкое применение при приготовлении буровых растворов для бурения скважин, как связующее в формовочных смесях, как гидроизоляционный и адсорбционный материал. В сельском хозяйстве бентонит эффективно используется при производстве комбикормов.

Глина – ценный источник микроэлементов. В медицине ее используют в качестве биодобавки, компонента некоторых лекарств, антисептика, а также при разработке сорбентов медицинского назначения.

Как видно, глины являются универсальным природным материалом и востребованы в различных сферах промышленности. Широкий диапазон полезных свойств, относительная дешевизна, экологическая безвредность делает использование глин в качестве катализаторов, носителей и сорбентов предпочтительным и обуславливает актуальность исследований в этом направлении.

Литература:

1. Технология катализаторов / под ред. И.П. Мухленова. 3-е изд., перераб. – Л. : Химия. – 1989. – 272 с.
2. Иванцова М.Н., Токарева М.И., Миронов М.А. Многокомпонентный синтез гетероциклических соединений на границе раздела фаз // Химия гетероциклических соединений. – 2012. – № 4. – С. 626–645.
3. Природные глины как компоненты современных катализаторов крекинга / Л.А. Белая [и др.] // Труды Всероссийской научной молодежной школы-конференции «Химия под знаком Сигма». – Омск, 16–24 мая, 2010. – С. 10–16.
4. Особенности сорбции цезия в бентонитовых барьерных системах при захоронении твердых радиоактивных отходов / В.В. Крупская [и др.] // Горный журнал. – 2016. – № 2. – С. 81–87.
5. Мурадханова В.Г. Подбор носителей для катализаторов процесса высокотемпературного окислительного хлорирования пропилена : дис. ... канд. хим. наук: 02.00.15 / АГНА. – Баку, 2002. – 153 с.
6. Гаджиев А.Д. Синтез активной каталитической системы процесса окислительного хлорирования хлорсодержащих соединений пропана: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.13 / АЗИНЕФТЕХИМ. – Баку, 1989. – 146 с.
7. Чернышов К.А. Изучение свойств нитроорганических соединений-интермедиатов в процессе селективного каталитического восстановления оксидов азота пропиленом: автореф. дис. ... канд. хим. наук: 02.00.03, 02.00.15 / МГТУ. – М., 2005. – 22 с.



8. Садыков Т.Ф., Конькова Т.В., Алехина М.Б. Монтмориллонит со слоисто-столбчатой структурой для процесса фентона // Успехи в химии и химической технологии. – 2012. – Т. 26. – № 8 (137). – С. 50–54.
9. Голубева О.Ю. Пористые алюмосиликаты со слоистой и каркасной структурой: синтез, свойства и разработка композиционных материалов на их основе для решения задач медицины, экологии и катализа: дис. ... докт. хим. наук: 02.00.04 / ИХС РАН. – СПб., 2016. – 438 с.

References:

1. Technology of catalysts / ed. by I.P. Mukhlenov. 3rd ed. – L. : Chemistry. – 1989. – 272 p.
2. Ivantsova M.N., Tokareva M.I., Mironov M.A. Multicomponent synthesis of heterocyclic compounds at the interface // Chemistry of heterocyclic compounds. – 2012. – № 4. – P. 626–645.
3. Natural clays as components of modern cracking catalysts / L.A. Belaya [et al.] // Proceedings of the All-Russian Scientific Youth School-Conference «Chemistry under the sign of Sigma». – Omsk, May 16–24, 2010. – P. 10–16.
4. Peculiarities of caesium sorption in bentonite barrier systems when disposing of solid radioactive wastes / V.V. Krupskaya [et al.] // Mining Journal. – 2016. – № 2. – P. 81–87.
5. Muradhanova V.G. Selection of carriers for catalysts for high-temperature oxidative chlorination of propylene : Ph. Cand. of Chem. sciences: 02.00.15 / AGNA. – Baku, 2002. – 153 p.
6. Gadzhiev A.D. Synthesis of active catalytic system of oxidative chlorination process of chlorinated propane compounds: Cand. D. in Chemistry: 02.00.13 / AZINEFTEKHIM. – Baku, 1989. – 146 p.
7. Chernyshov K.A. Study of properties of organo-nitro compounds-intermediates in the process of selective catalytic reduction of nitrogen oxides by propylene: Cand. Cand. of Chem. sciences: 02.00.03, 02.00.15 / MSTU. – M., 2005. – 22 p.
8. Sadykov T.F., Kon'kova T.V., Alekhina M.B. Montmorillonite with layered columnar structure for fenton process // Advances in chemistry and chemical technology. – 2012. – Vol. 26. – № 8 (137). – P. 50–54.
9. Golubeva O. Porous aluminosilicates with layered and framework structure: synthesis, properties and development of composite materials based on them to solve problems of medicine, ecology and catalysis: Ph. D. in Chemistry: 02.00.04 / IHS RAS. – SPb., 2016. – 438 p.



УДК 622.276.6

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ НА ООО «НОВОМОСКОВСКИЙ ХЛОР»

QUALITY ASSURANCE OF CHEMICAL PRODUCTION FOR OIL AND GAS PRODUCTION AT NOVOMOSKOVSKIY HLOR LLC

Рубан Иван Сергеевич

кандидат экономических наук,
директор,
ООО «Новомосковский хлор»
ivan.ruban@eurochem.ru

Лонина Наталья Григорьевна

начальник отдела технического контроля и
испытательной лаборатории,
ООО «Новомосковский хлор»
natalya.lonina@eurochem.ru

Аннотация. В статье рассматриваются мероприятия по обеспечению качества производства химической продукции для нефтегазодобычи на ООО «Новомосковский хлор». Показано, что внедрение инновационных технологий, наличие системы менеджмента качества и независимая оценка соответствия обеспечивают стабильно высокое качество продукции.

Ключевые слова: добыча нефти и газа, нефтепромысловая химия, хлорид кальция, соляная кислота, качество химической продукции.

Ruban Ivan Sergeevich

Candidate of Economic Science,
Director Novomoskovskiy hlor LLC
ivan.ruban@eurochem.ru

Lonina Natalia Grigoryevna

Head of Technical Control and
Testing Laboratory,
LLC Novomoskovskiy Chlorine
natalya.lonina@eurochem.ru

Annotation. The article considers measures to ensure the quality of chemical production for oil and gas production at Novomoskovskiy hlor LLC. It is shown that the introduction of innovative technologies, availability of quality management system and independent conformity assessment ensure consistently high quality of products.

Keywords: oil and gas production, oil-field chemistry, calcium chloride, hydrochloric acid, chemical product quality.

Основная добыча нефти и газа в России ведется на месторождениях, находящихся на завершающей стадии разработки. По мере эксплуатации скважин все больше возрастает необходимость в проведении в них ремонтных работ, а также геолого-технологических мероприятий с целью регулирования разработки месторождений и поддержания целевых уровней добычи нефти [1].

Одним из этапов проведения ремонта является глушение скважины – закачка в нее жидкости, обеспечивающей прекращение поступления пластового флюида в скважину. После проведения ремонта временная изоляция должна быть удалена без загрязнения призабойной зоны пласта, чтобы вывести скважину на проектный режим эксплуатации. Наиболее эффективными, как показала практика, являются жидкости глушения на основе хлорида кальция.

Известно, что более 40 % мировых запасов нефти и около 60% ее добычи приходится на карбонатные коллектора. Это предопределяет широкое применение геолого-технологических мероприятий, использующих технологические жидкости на основе соляной кислоты (прежде всего, это технологии солянокислотной обработки призабойной зоны пласта и кислотного гидравлического разрыва пласта) [2].

Таким образом, для поддержания целевых уровней добычи природных углеводородов требуются в большом объеме хлорид кальция и соляная кислота. Лидером среди российских предприятий по поставке этой химической продукции на протяжении многих десятилетий является ООО «Новомосковский хлор».

Строительство предприятия началось в 1929 году в составе НПО «Азот». В 1935 году был пущен в работу цех по производству хлорной извести, а уже в 1949 году было начато производство хлористого кальция. Производство соляной кислоты было введено в эксплуатацию в 1963 году.

За время своего существования производство претерпело множество структурных и технологических перестроек. В частности, в 2012 г. было обновлено оборудование производства хлористого кальция марки «кальцинированный» (первый и высший сорт) по ГОСТ 450-77. Благодаря применению мембранных фильтр-прессов фирмы «ANDRITZ» (Германия) увеличился объем производства хлористого кальция жидкого до 750 т / сутки и улучшилось качество раствора хлористого кальция и гранулированного продукта (табл. 1).



Таблица 1 – Показатели качества кальция хлористого технического до (в числителе) и после совершенствования технологии производства (в знаменателе)

Массовая доля компонентов				
CaCl ₂	Fe ³⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Нерастворимый в воде остаток
в растворе хлористого кальция марки «жидкий» (после фильтрации), %				
29,0 / 34,0	0,0032 / 0,0010	0,05 / 0,03	0,09 / 0,03	0,15 / 0,04
в кальции хлористом марки «кальцинированный» (гранулированный продукт), %				
93,0 / 95,0	0,010 / 0,004	0,2 / 0,1	0,22 / 0,08	0,5 / 0,15

Хлорид кальция не содержит нерастворимых веществ и имеет низкое содержание сульфатов и железа. Так, массовая доля Fe³⁺ в жидком хлористом кальции снижена с 0,0032 до 0,0010 %, а в гранулированном с 0,010 до 0,004 %. Кратное снижение содержания ионов железа имеет большое значение, так как они способны образовывать в пласте прочные ассоциаты с асфальтенами нефти, которые служат инициаторами выпадения асфальто-смоло-парафиновых отложений и стабилизаторами стойких водонефтяных эмульсий.

Номенклатура соляной кислоты представлена синтетической марок «А» и «Б» по ГОСТ 857-95 и ингибированной, приготавливаемой из синтетической соляной кислоты марки А путем добавки ингибитора коррозии (ТУ 2122-012-81277120-2011).

Основные требования к технологическим кислотным жидкостям включают: универсальность растворения породы продуктивного пласта и потенциальных его кольматантов; низкую коррозионную агрессивность к нефтепромысловому оборудованию и трубопроводам; низкое межфазное натяжение; исключение минерального осадкообразования, флокуляции и осаждения асфальтенов, эмульсиеобразования, а также регулируемую и равномерную скорость реакции с породой продуктивного пласта [2, 3].

Производимая предприятием соляная кислота удовлетворяет всем требованиям для приготовления технологических кислотных жидкостей. В частности, наличие ингибиторов позволяет не только существенно снизить скорость коррозии металла при использовании соляной кислоты (табл. 2), но и осуществить бактериологическую обработку, что значительно увеличивает срок службы нефтегазового промышленного оборудования и трубопроводов.

Таблица 2 – Данные по испытанию различных ингибиторов коррозии для соляной кислоты

Концентрация соляной кислоты, массовая доля, %	Ингибитор	Количество добавки, массовая доля, %	Скорость коррозии г / м ² ·ч
23,5	Синол ИКК-М	без добавки	более 15,6
		0,1	0,50
		0,3	0,20
		0,5	0,18
		0,7	0,15
		1,0	0,15
		1,2	0,12
		1,5	0,12
23,5	НАПОР КБ	0,3	0,2
		0,4	0,15
		0,6	0,15
		0,8	0,12

Принципиально, по требованию заказчика могут использоваться любые ингибиторы коррозии. В настоящее время наиболее востребованы полифункциональные ингибиторы «НАПОР-1007», «НАПОР-1010» и «СИНОЛ ИКК». Ингибитор «НАПОР-1007» подавляет рост сульфатвосстанавливающих бактерий, «Синол ИКК-М» эффективно ингибирует кислоту, при этом способен удалять связанную воду из пор нефтяного пласта, повышая их фазовую проницаемость по нефти.

В 2019 году в связи с вступлением в силу Технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности нефти, подготовленной к транспортировке и (или) использованию» (ТР ЕАЭС 045/2017) ужесточились требования к качеству нефтепромысловой химической продукции. В частности, появилось требование по ее исследованию на наличие легколетучих хлорорганических соединений. Такие соединения в нефти приводят к сильной коррозии нефтеперерабатывающего оборудования [4].

Продукция ООО «Новомосковский хлор» в период 2019-2020 гг. прошла испытания в лабораториях, аккредитованных на техническую компетентность и независимость (АНО ГЦСС «Нефтепромхим», г. Казань и ООО «ПолиЭко-Наука», г. Москва, Сколково), которые подтвердили отсутствие в ней хлорорганических соединений.



Для оперативного регулярного контроля качества продукции методом капиллярной газовой хроматографии лаборатория предприятия дооснащена хроматографом «Кристаллюкс-4000М».

Соответствие продукции установленным требованиям подтверждено сертификатами Системы добровольной сертификации топливно-энергетического комплекса, правообладателем которой является РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина [5].

Внедрение инновационных технологий, наличие системы менеджмента качества, соответствующей международным стандартам ISO 9001-2015, системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья OHSAS 18001:2017, системы экологического менеджмента ГОСТ Р ИСО 14001-2016 и независимая оценка соответствия обеспечивают стабильно высокое качество продукции ООО «Новомосковский хлор» и ее востребованность в топливно-энергетическом комплексе.

Литература:

1. Обзор нефтесервисного рынка России. – 2019 [Электронный ресурс]. – URL : <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/energy-resources/Russian/oil-gas-survey-russia-2020.pdf>
2. Токунов В.И., Саушин А.З. Технологические жидкости и составы для повышения продуктивности нефтяных и газовых скважин [Текст]. – М. : ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – 711 с.
3. Балаба, В.И., Дунюшкин И.И., Павленко В.П. Безопасность технологических процессов добычи нефти и газа [Текст] // Учебное пособие. – М. : ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008. – 477 с.
4. Установление причин образования хлорорганических соединений в товарной нефти / С.А. Козлов [и др.] // Нефтепромысловое дело – 2019. – № 5. – С. 64–69.
5. Зинченко О.Д. подтверждение соответствия качества химической продукции в Системе добровольной сертификации топливно-энергетического комплекса // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2012. – № 3. – С. 23–26.

References:

1. Overview of the Oilfield Services Market in Russia. – 2019 [Electronic resource]. – URL : <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/energy-resources/Russian/oil-gas-survey-russia-2020.pdf>
2. Tokunov V.I., A.Z. Saushin Technological Liquids and Compositions to Improve Oil and Gas Well Productivity [Text]. – M. : Nedra-Business Centre, 2004. – 711 p.
3. Balaba V.I., Dunyushkin I.I., Pavlenko V.P. Safety of technological processes of oil and gas production [Text] // Tutorial. – M. : Nedra-Business Center, 2008. – 477 p.
4. Establishment of the causes of formation of organochlorine compounds in commercial oil / S.A. Kozlov [et al.] // Oilfield Business. – 2019. – № 5. – P. 64–69.
5. Zinchenko O.D. Confirmation of conformity of the quality of chemical products in the System of voluntary certification of the fuel and energy complex // Quality Management in the Oil and Gas Complex. – 2012. – № 3. – P. 23–26.



УДК 665.656.2+665.753.2

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГИДРОИЗОМЕРИЗАЦИИ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ

ADVANCED TECHNOLOGIES FOR IMPROVING THE PROCESS OF HYDROISOMERIZATION OF DIESEL FUELS

Руденко Антонина Сергеевна

студентка направления подготовки
18.03.01 «Химическая технология»,
Кубанский государственный технологический университет
tonya-rudenko_00@mail.ru

Литвинова Татьяна Андреевна

кандидат технических наук,
доцент кафедры технологии нефти и газа,
Кубанский государственный технологический университет
soleado-sta@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена обзору современного производства высококачественных и высокоэкологичных дизельных топлив, которое является важным направлением в нефтепереработке и нефтехимии. Особое значение приобретает вопрос производства топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами для использования в холодных климатических зонах. Цель работы – изучение процесса гидроизомеризации дизельных фракций как перспективной технологии производства высококачественных низкотемпературных моторных топлив с высоким выходом продукта.

Ключевые слова: гидроизомеризация, дизельное топливо, бифункциональный катализатор, цеолит, перспективные технологии.

Rudenko Antonina Sergeevna

Student,
Training Programs 18.03.01
Chemical Engineering,
Kuban State Technological University
tonya-rudenko_00@mail.ru

Litvinova Tatiana Andreevna

PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Department of Oil and Gas Technology,
Kuban State Technological University
soleado-sta@mail.ru

Annotation. This article is devoted to an overview of the modern production of high-quality and highly environmentally friendly diesel fuels, which is an important area in oil refining and petrochemistry. Of particular importance is the production of fuels with improved low-temperature properties for use in cold climatic zones. The aim of this work is to study the process of diesel fractions hydroisomerization as a promising technology for the production of high-quality low-solidifying motor fuels with a high product yield.

Keywords: hydroisomerization, diesel fuel, bifunctional catalyst, zeolite, promising method.

Производство высококачественных и высокоэкологичных дизельных топлив является актуальным направлением в нефтепереработке и нефтехимии. Современные топлива должны обеспечивать надежную и экономичную работу двигателя и соответствовать экологическим и эксплуатационным требованиям.

Для улучшения эксплуатационных качеств дизельных топлив применяют различные гидрогенизационные процессы, среди которых важное место занимает гидроизомеризация.

В основе процесса лежит изомеризация длинноцепочечных *n*-парафинов в присутствии водорода и с использованием бифункционального катализатора [1]. Реакции протекают в большей степени по мономолекулярному механизму через следующие стадии:

- образование карбокатиона,
- перегруппировка карбокатиона
- продолжение цепи реакции.

При этом различают два типа перегруппировки карбокатиона: с изменением степени разветвления и без изменения.

В процессе используют бифункциональный катализатор, обладающий металлическими центрами, на которых протекают реакции гидрирования-дегидрирования, и кислотными, где происходит изомеризация. Катализатор может содержать неблагородные переходные металлы, такие как Ni, Mo, Co, W, или благородные металлы платиновой группы, которые обладают большей селективностью по отношению к реакциям гидроизомеризации *n*-парафинов. В настоящее время отдают предпочтение цеолитным катализаторам, особенно со специфичной структурой, которая получила название «one-dimensional 10-rings zeolites».

Стоит обратить внимание, что для эффективного процесса гидроизомеризации необходимы катализаторы, способные подавлять побочные реакции гидрокрекинга и олигомеризации, которые могут приводить к увеличению закоксовывания и снижению селективности процесса. Для этого используют катализаторы с сильной металлической функцией, а также повышают давления водорода.



Несмотря на то, что цеолиты с одномерной десятичленной структурой нашли широкое применение в бифункциональных катализаторах процесса гидроизомеризации дизельных фракций, они тоже обладают некоторыми недостатками. Один из них – недостаточно высокий выход продукта. Это обусловлено такими факторами, как микропористая структура цеолитов и большая концентрация кислотных центров на внешней поверхности кристаллов, которые приводят к побочным реакциям гидрокрекинга. Проводятся исследования для решения этих проблем, однако, предлагаемые варианты пока не нашли широкого промышленного применения.

В целом сущность проблемы в процессах гидроизомеризации сводится к тому, что с увеличением селективности и выхода продукта, также возрастает и себестоимость катализатора. Чаще всего это происходит из-за использования благородных металлов в состав, а также удорожания процесса регенерации катализатора. Ведутся исследования и разработки для решения данных проблем.

Так, например, авторы работы [2] уделили внимание снижению содержания дорогостоящих металлов платиновой группы в катализаторах гидроизомеризации дизельного топлива при условии получения низкой температуры фильтруемости и высокого выхода продукта. Результаты проведенных испытаний разработанного катализатора приведены в таблице 1. Разработчики отмечают, что технического результата удалось достигнуть благодаря использованию лазерного диспергирования наночастиц металлов.

Таблица 1 – Результаты испытаний разработанного катализатора

Образец катализатора	Приготовленный катализатор		Образец сравнения	
Содержание Pd, масс. %	0,03		0,6	
Температура процесса, °С	340	380	340	380
Предельная температура фильтруемости, °С	-12	-33	-17	-47
Содержание n-алканов, %	16,33	13,31	14,17	7,58
Выход ДТ	99,76	97,96	99,31	88,60

Данные, приведенные в таблице 1, позволяют утверждать, что при одинаковых температурах процесса разработанный катализатор и катализатор сравнения обеспечивают сопоставимые результаты, но при значительно меньшем содержании Pd в составе заявленного катализатора.

Авторы работы [3] отмечают, что в настоящее время ведутся разработки катализаторов и способ, направленных на использование возобновляемых ресурсов в процессы производства экологически чистых моторных топлив. Разработанный катализатор предназначен для использования на второй стадии процесса совместной переработки триглицеридов жирных кислот и дизельных фракций. Исследования показывают, что сульфидный NiMo катализатор на носителе, в качестве которого выступает композиция цеолита SAPO-11 и Al₂O₃, обеспечивает снижение температуры помутнения продуктов гидропереработки примерно на 10 °С.

Разработка новых технологий гидроизомеризации дизельных фракций говорит о том, что этот процесс представляет особый интерес для его промышленной реализации. Согласно ИТС 30-2017 один из самых перспективных процессов – MAKFinishingHDT/MIDW, который разработан ExxonMobil Research&Engineering Co. в сотрудничестве с другими компаниями. По всему миру работает около 10 установок, 5 из которых находятся на стадии проектирования. Компанией Chevron Lummus Global, Inc. разработана технология Isodewaxing, а также 4 поколения катализаторов для этого процесса. Гибкая двухступенчатая технология SYN-Flow разработана компанией Shell Global Solutions, Inc. Фирма UOP занимается совершенствованием технологии MQD Unionfining. Особенность этого процесса заключается в использовании для каждой ступени собственного катализатора. Катализатор, используемый на второй ступени, в своем составе имеет благородный металл. Именно его применение обеспечивает высокий выход продукта и снижение температуры застывания [4].

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что процесс гидроизомеризации высших длинноцепочечных нормальных парафинов является одним из наиболее перспективных для получения дизельных топлив с требуемыми эксплуатационными характеристиками, обеспечивая при этом обеспечивает высокий выход продуктов.

В настоящее время разрабатываются новые катализаторы, а также проводятся исследования для определения оптимального технологического режима с целью совершенствования и интенсификации процесса. Одним из преимуществ современных технологий промышленной реализации следует отметить возможность интегрирования процесса с уже существующими установками гидроочистки, что позволяет достичь большей гибкости НПЗ по изменению качества продуктов в зависимости от потребностей рынка.

**Литература:**

1. Гидроизомеризация нормальных парафиновых углеводородов C16+ на бифункциональных цеолитсодержащих катализаторах / З.Р. Хайруллина [и др.] // Вестник Башкирского университета. – 2020. – Т. 25. – № 3. – С. 495–505.
2. Катализатор для гидроизомеризации дизельного топлива: Пат. 2 620 813 Рос. Федерация; 2016101448, заявл. 06.07.2016, опубл. 30.05.2017. Бюл. № 16.
3. Катализатор для получения низкосернистого дизельного топлива: Пат. 2 725 870 Рос. Федерация; 2019140883, заявл. 11.12.2019, опубл. 7.07.2020. Бюл. № 19.
4. ИТС 30-2017 Информационно-технический справочник по наилучшим технологиям. Переработка нефти, утв. приказом Росстандарта от 14.11.2017 г. № 2424.

References:

1. Hydroisomerization of normal paraffin hydrocarbons C16+ on bifunctional zeolite-containing catalysts / Z.R. Khayrullina [et al.] // Bulletin of Bashkir University. – 2020. – Vol. 25. – № 3. – P. 495–505.
2. Catalyst for hydroisomerization of diesel fuel: Pat. 2 620 813 Ros. Federation; 2016101448, application. 06.07.2016, published 30.05.2017. Bul. № 16.
3. Catalyst for production of low-sulfur diesel fuel: Pat. 2,725,870 Russ. Federation; 2019140883, application. 11.12.2019, published 7.07.2020. Bul. № 19.
4. ITS 30-2017 Information and Technical Reference Book on the Best Technologies. Oil Refining, approved by Order of Rosstandart of 14.11.2017 № 2424.



УДК 66-9

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АММИАКА

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF AMMONIA PRODUCTION

Садретдинов Илья Фагимович

кандидат химических наук, доцент,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
28sif@snos.ru

Васильева Светлана Владимировна

студент-магистр,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
laposhkaizotova@gmail.com

Аннотация. Данная статья посвящена анализу способов производства аммиака, обозначены современные направления по совершенствованию процесса синтеза аммиака.

Ключевые слова: аммиак, производство, обзор.

Sadretdinov Ilya Fagimovich

Ph.D. of Chemical Sciences,
Associate Professor,
Ufa State Petroleum Technological University
28sif@snos.ru

Vasilyeva Svetlana Vladimirovna

Student-Master,
Ufa State Petroleum Technological University
laposhkaizotova@gmail.com

Annotation. This article is devoted to the analysis of methods for the production of ammonia, the modern directions for improving the process of ammonia synthesis are indicated.

Keywords: ammonia, production, overview.

Аммиак широко используется в различных областях промышленности, сельском хозяйстве, медицине и химии. Он является не только конечным продуктом, но и промежуточным для получения большого количества азотсодержащих соединений.

В данной статье рассмотрены основные технологии производства аммиака.

Способ синтеза аммиака с использованием азота и водорода в качестве исходных материалов и при использовании катализатора, изготовленного преимущественно из железа, был открыт Габером и Бошем в 1910 г.

Процесс Габера-Боша включает стадию прямого взаимодействия газовой смеси из азота и водорода для осуществления реакции в условиях высокой температуры и высокого давления (400–600 °С, 20–100 Мпа). В качестве катализатора используется дважды промотированный Fe_3O_4 , содержащий несколько массовых процентов Al_2O_3 и K_2O . На конечной стадии процесса выделяют аммиак с помощью охлаждения или поглощения его водой. В настоящее время данный метод широко используется в промышленном масштабе практически в неизменном виде с момента его изобретения [1].

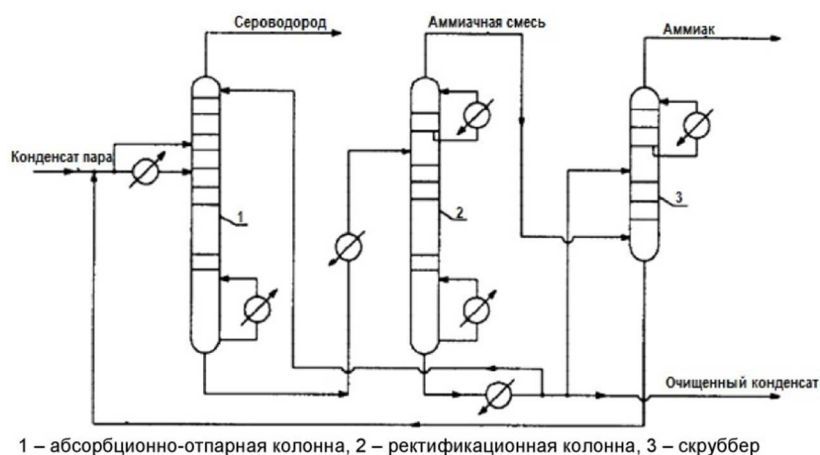
В работе [2] рассмотрен способ получения аммиака и серной кислоты из сульфата аммония, который может быть применен для расширения возможностей переработки сульфата аммония, образующегося при утилизации отходов производств. Данный способ включает термическое разложение сульфата аммония на гидросульфат аммония и аммиак, получение раствора гидросульфата аммония и вспомогательного сульфата, образующего с сульфатом аммония двойной сульфат. В дальнейшем проводят осаждение двойного сульфата и его отделение. Полученный раствор разбавленной серной кислоты очищают, предпочтительно осаждением примесей, которые отделяют и очищенный раствор разбавленной серной кислоты упаривают до получения товарной серной кислоты. Двойной сульфат аммония разлагают на сульфат аммония, который возвращают на термическое разложение, и на вспомогательный сульфат, который возвращают для получения раствора гидросульфата аммония и вспомогательного сульфата, образующего с сульфатом аммония двойной сульфат. Изобретение позволяет расширить возможности утилизации сульфата аммония, упростить производство аммиака и серной кислоты из сульфата аммония, исключить образование при производстве серной кислоты экологически опасного сернистого газа.

Другой метод получения аммиака – электрохимическая реакция взаимодействия протонов с газообразным азотом в присутствии катализатора на основе нитридов металлов. Использование предлагаемого изобретения позволяет получать аммиак при комнатной температуре окружающей среды и атмосферном давлении. Данный способ реализуется в электрохимической ячейке, куда осуществляется подача газообразного аммиака, где он вступает в контакт с поверхностью катодного электрода, причем эта поверхность содержит каталитическую поверхность с нитридным катализатором. Элек-



тролитическая ячейка содержит донор протонов, за счет чего азот реагирует с протонами с образованием аммиака. Каталитическая поверхность катодного электрода может состоять из одного или более нитридов, в том числе нитридов скандия, титана, ванадия, хрома, марганца, меди, иттрия, циркония, ниобия, молибдена, а серебра, гафния, тантала, золота, железа, кобальта, никеля, рутения, родия, палладия, осмия и иридия [3].

Аммиак возможно получать в процессе глубокой очистки технологических конденсатов водяного пара с одновременной выработкой сероводородсодержащих газов высокой степени чистоты [4]. Принципиальная схема процесса представлена на рисунке 1. Данный способ включает в себя подачу неочищенного технологического конденсата водяного пара в качестве питания системы колонн, выполненной в виде двух последовательно подключенных друг к другу абсорбционно-отпарной и ректификационной колонн. Из этой системы отводится очищенный конденсат, газообразный сероводород и газовая смесь, состоящая из аммиака с остаточным содержанием сероводородом и водой. Часть очищенного конденсата возвращается в абсорбционно-отпарную колонну, а аммиачная газовая смесь подается на очистку в скруббер с циркуляционным орошением и линиями отвода аммиака сверху скруббера и конденсата в качестве его кубового продукта, последний подключен к линии подачи неочищенного технологического конденсата в систему колонн. Очистку смеси газов в скруббере осуществляют в два этапа, на первом из которых смешивают газовую смесь с очищенным конденсатом, а на втором охлаждают несконденсировавшиеся газы и растворяют содержащийся в них остаточный сероводород в циркулирующем конденсате, при этом скруббер оборудуют дополнительной секцией, в которой проводят первый этап очистки.



1 – абсорбционно-отпарная колонна, 2 – ректификационная колонна, 3 – скруббер

Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема очистки конденсата водяного пара

Задачей, на решение которой направлено данное изобретение, является обеспечение непрерывной работы установки очистки технологического конденсата без образования в аппаратах и трубопроводах солей гидросульфида аммония, повышение степени очистки технологического конденсата и снижение содержания сероводорода в потоке аммиака.

На основании литературной и патентной проработки можно сделать вывод, что на сегодняшний день единственным крупнотоннажным способом получения аммиака в промышленности является его синтез из водорода и азота по способу Габера-Боша. Анализ данных показал, что в основном многочисленные работы по совершенствованию процессов синтеза аммиака направлены на подбор каталитической системы, снижение экономических затрат, увеличение производительности процесса синтеза аммиака из водорода и азота и снижение влияния на окружающую среду. Несомненно, что в будущем нужны менее энергозатратные технологии, позволяющие получать аммиак при атмосферном давлении.

Литература:

1. Синтез аммиака / Л.Д. Кузнецов [и др.]. – М. : Химия, 1982. – 296 с.
2. Пат. 2560445 Российская Федерация, МПК C01B 17/74, C01C 1/02, C01C 1/246, C01B 17/90. Способ производства аммиака и серной кислоты из сульфата аммония / Доронин А.В.; заявитель и патентообладатель Доронин А.В. – № 2013146887/05; заявл. 18.10.2013; опубл. 20.08.2015 Бюл. № 23.
3. Пат. 2686465 Российская Федерация, МПК C25B 1/00, C25B 9/06, C25B 11/04, B01D 53/50, B01D 53/56, B01D 53/92. Электролитический способ получения аммиака / Скуласон Эгилль.; заявитель и патентообладатель Хасколи Айлэндз. – № 2016151299; заявл. 12.06.2015; опубл. 26.04.2019 Бюл. № 12.
4. Пат. 2307795 Российская Федерация, МПК C02F 1/04, C02F 1/58, B01D 3/14, C02F 101/10, C02F 101/14, C02F 103/18. Способ очистки технологических конденсатов от сероводорода и аммиака / Андриканис В.В., Ан-



дреев Б.В., Шаховский К.О., Белявский О.Г.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество «Элиstek инжиниринг интернейшенл». – № 2005139371/15; заявл. 16.12.2005; опубл. 10.10.2007 Бюл. № 28.

References:

1. Ammonia synthesis / L.D. Kuznetsov [et al.]. – M. : Chemistry, 1982. – 296 p.
2. Pat. 2560445 Russian Federation, IPC C01B 17/74, C01C 1/02, C01C 1/246, C01B 17/90. Method of ammonia and sulfuric acid production from ammonium sulfate / A.V. Doronin; applicant and patent holder A.V. Doronin – № 2013146887/05; application. 18.10.2013; publ. 20.08.2015 Bulletin № 23.
3. Pat. 2686465 Russian Federation, IPC C25B 1/00, C25B 9/06, C25B 11/04, B01D 53/50, B01D 53/56, B01D 53/92. Electrolytic method for the production of ammonia / Schulason Egill; applicant and patentee Haskoli Ireland. – № 2016151299; application. 12.06.2015; published 26.04.2019 Bulletin № 12.
4. Pat. 2307795 Russian Federation, IPC C02F 1/04, C02F 1/58, B01D 3/14, C02F 101/10, C02F 101/14, C02F 103/18. Method of treatment of technological condensates from hydrogen sulfide and ammonia / V.V. Andrikanis, B.V. Andreev, K.O. Shakhovsky, O.G. Belyavsky; applicant and patent holder Closed Joint Stock Company «Elistek Engineering International». – № 2005139371/15; Application. 16.12.2005; publ. 10.10.2007 Bulletin № 28.



УДК 620.197.3

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОБОРОТНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ С ЗАМКНУТЫМ КОНТУРОМ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

THE MAIN PROBLEMS OF CLOSED-LOOP WATER CIRCULATION COOLING SYSTEMS AND WAYS TO SOLVE THEM

Садретдинов Илья Фагимович

кандидат химических наук,
начальник лаборатории проблемных исследований,
научно-технический центр
ООО «Газпром нефтехим Салават»
28sif@snos.ru

Султанбекова Ирина Александровна

кандидат химических наук,
ведущий специалист
лаборатории проблемных исследований,
научно-технический центр
ООО «Газпром нефтехим Салават»
28sia@snos.ru

Аннотация. Данная статья посвящена промышленным водооборотным системам охлаждения с замкнутым контуром. Проведено измерение аналитических показателей исходной воды при заполнении системы и циркуляционной воды после 1 года эксплуатации. На основе анализа полученных данных выявлены основные проблемы и предложены пути их решения.

Ключевые слова: водооборотные системы охлаждения с замкнутым контуром, коррозия, реагентная защита.

Sadretdinov Ilya Fagimovich

Ph.D. of Chemical Sciences,
Head of Laboratory,
Scientific and Technical Center
LLC «Gazprom Neftekhim Salavat»
28sif@snos.ru

Sultanbekova Irina Alexandrovna

Ph.D. of Chemical Sciences,
Leading Specialist of Laboratory,
Scientific and Technical Center
LLC «Gazprom Neftekhim Salavat»
28sia@snos.ru

Annotation. This article is devoted to industrial closed-loop water circulation cooling systems. Measurement of analytical indicators of the source water was carried out when filling the system and circulating water after 1 year of operation. Based on the analysis of the data obtained, the main problems have been identified and ways to solve them have been proposed.

Keywords: closed loop water circulation systems, corrosion, reagent protection.

Системы охлаждения оборудования установок нефтехимических производств являются неотъемлемой частью технологического процесса. От того, насколько системы охлаждения обеспечивают потребности оборудования в отведении избыточного тепла, существенным образом зависит энергоэффективность и надежность теплообменного оборудования. С другой стороны все предприятия в области нефтехимии и нефтепереработки подвержены строгому экологическому контролю, в том числе по количеству и качеству сбрасываемых сточных вод. В связи с этим поддержание качества оборотной воды в системе и длительная работа установок замкнутого контура циркуляции воды без продувок позволяют минимизировать влияние на окружающую среду и одновременно сохранять эффективность производства на высоком уровне [1].

В системах с замкнутым контуром охлаждающая среда напрямую не контактирует с окружающим воздухом. Для охлаждения циркулирующей воды используются холодильники, подключенные к системам с открытым контуром, чиллеры или «сухие градирни». Вода циркулирует в замкнутом цикле и подвергается попеременному охлаждению и нагреву, чаще всего без контакта с воздухом. Соответственно, в отличие от открытых систем оборотного водоснабжения, меняются условия отложения солей, коррозионных процессов и возможного биозагрязнения воды [2].

В ООО «Газпром нефтехим Салават» замкнутый водооборотный цикл используется для охлаждения блока компрессоров в цехе № 8 нефтеперерабатывающего завода (НПЗ). Водооборотный цикл изначально заполняется химически очищенной водой (ХОВ) и далее функционирует в закрытом режиме, без продувок в течение всего межремонтного пробега (рис. 1). При падении уровня воды в буферной емкости производится добавление ХОВ. Реагентная обработка воды не проводится.

При вскрытии оборудования в период капремонтов в данной системе постоянно фиксировалось наличие большого количества шлама. Исследование толщины металла методом ультразвуковой толщинометрии (УЗТ) выявляло ускоренное утонение металла трубопроводов, фиксировались факты пропуски трубок холодильника.

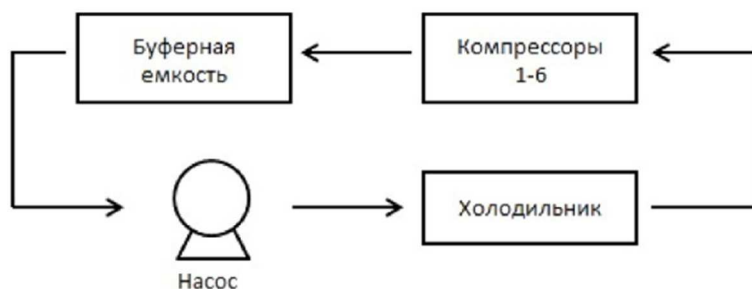


Рисунок 1 – Схема замкнутого водооборотного цикла охлаждения блока компрессоров в цехе № 8 НПЗ ООО «Газпром нефтехим Салават»

Было проведено обследование замкнутого контура установки цеха № 8 НПЗ с применением дополнительного аналитического контроля (мониторинга) по показателям водных сред, определяющим процессы коррозии, солеотложения и микробиологического загрязнения, с последующей оценкой необходимости разработки и внедрения программы реагентной защиты. Результаты определения показателей исходной ХОВ, использованной для заполнения системы, и циркуляционной воды через 1 год эксплуатации представлены в таблице 1. Анализы выполнялись по внутренним аттестованным методикам ООО «Газпром нефтехим Салават».

Таблица 1 – Показатели качества исходной ХОВ и циркуляционной воды через 1 год эксплуатации замкнутого цикла

№п/п	Наименование показателя, единица измерения	ХОВ	Циркуляционная вода
1	Водородный показатель, рН, ед.	7,05	8,88
2	Массовая концентрация кремнекислоты, мг / дм ³	4,44	2724,4
3	Массовая концентрация общего железа, мг / дм ³	отс	0,018
4	Щелочность общая, мг / дм ³	0,14	3,36
5	Массовая концентрация эквивалента иона кальция (ЖСа), мг-экв / дм ³	0,001	1,32
6	Солесодержание в пересчете на NaCl, мг / дм ³	1,10	179,6
7	Удельная электрическая проводимость, мкСм / см	2,3	375
8	Взвешенные вещества, мг / дм ³	отс	отс
9	Химическое потребление кислорода, мг О ₂ / дм ³	104	192
10	Микробиология, ед. RLU (люминометр)	0	1,5
11	Жесткость общая, мг / дм ³	0,001	2,85
12	Массовая концентрация хлоридов, мг / дм ³	1,47	50,19
13	Массовая концентрация сульфатов, мг / дм ³	0,58	46,32
14	Скорость коррозии, мм / год (ГОСТ 9.506-87), гравиметрический метод, среда – воздух, Т=40 °С, материал купонов – Ст20	0,37	0,46
15	Расчетные показатели		
	Коэффициент упаривания, ед. (по УЭП)	–	163,0
	Коэффициент упаривания, ед. (по хлоридам)	–	34,1
	Индекс Ланжелье, ед. (при 40 °С)	–	1,3
	Индекс Ризнера, ед. (при 40 °С)	–	6,3
	Транспорт кальция, %	–	81,0

Как видим из данных таблицы 1, в циркуляционной воде замкнутого контура наблюдается высокое значение ХПК – 192 мг О₂ / дм³. Поскольку микробиологические показатели воды при этом оставались низкими, это косвенно указывает на, вероятно, непостоянный характер загрязнения циркуляционной воды органическими веществами.

Показатели щелочности, общей и кальциевой жесткости, солесодержания и УЭП значительно увеличились за период эксплуатации системы. Данный факт, вероятно, связан с постепенным попаданием в воду компонентов из ранее сформированных отложений, поскольку оборудование находится в эксплуатации около 40 лет, а также за счет процессов упаривания циркуляционной воды.

Взвешенные вещества в циркуляционной воде на момент проведения исследования отсутствовали. Содержание железа не превышало 1,0 мг / дм³. Однако в циркуляционной воде замкнутого контура установки цеха № 8 НПЗ наблюдается повышенное содержание кремнекислоты, что в условиях низких скоростей потоков может привести к образованию отложений (например, в случае, если кремний находится в форме кремнезёма или песка) и развитию подшламовой коррозии.



Значения коэффициентов упаривания и транспорта кальция являются в данном случае ориентировочными, поскольку используются, как правило, для систем с постоянной подпиткой (открытые водооборотные узлы).

Величина индексов Ланжелье и Ризнера указывает на незначительную склонность циркуляционной воды к накипеобразованию и умеренную склонность к протеканию коррозионных процессов. Однако необходимо учитывать, что в расчете данных показателей учитывается ограниченное количество параметров, а на величину скорости коррозии влияют множество факторов.

Для определения рисков протекания коррозионных процессов в среде замкнутого контура охлаждения было выполнено экспериментальное определение скорости коррозии в лабораторных условиях. Скорость коррозии в экспериментах составила 0,46 мм / год для циркуляционной воды и 0,37 мм / год для ХОВ, что превышает величину нормы, составляющую не более 0,1 мм / год. Характер коррозии – равномерный.

Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено, что металлическое оборудование системы замкнутого охлаждения компрессоров подвергается сильному коррозионному воздействию со стороны циркуляционной воды. Для снижения рисков преждевременной отбраковки элементов холодильников и участков трубопроводов замкнутого цикла рекомендуется внедрение реагентной обработки циркуляционной воды. Исходя из проведенного обследования системы охлаждения компрессоров, реагентная защита должна быть направлена в первую очередь на ингибирование коррозии. Литературные данные свидетельствуют, что в случае использования реагентной обработки воды замкнутых циклов различными ингибиторами, возможно кратное увеличение микробиологического загрязнения воды [3]. Для предотвращения данного процесса необходимо включение в программу реагентной обработки биоцидов.

Также для предотвращения развития подшламовой коррозии рекомендуется проведение постоянной фильтрации циркуляционной воды в объеме 10–30 % от объема системы.

Литература:

1. ИТС по наилучшим доступным технологиям 20-2016. Промышленные системы охлаждения. – М. : Бюро НДТ.– 2016. – 328 с.
2. Ресурсосберегающие способы водоподготовки в оборотных системах / И.В. Шестак [и др.] // Природные ресурсы. – 2018. – № 1. – С. 32–39.
3. Нестеренко С.В., Банников Л.П. Проблемы эксплуатации бессточного оборотного цикла водоснабжения коксохимического предприятия // Экология и промышленность. – 2018. – Т. 1. – С. 44–52.

References:

1. ITS on the best available technologies 20-2016. Industrial cooling systems. – М. : Bureau of BAT. – 2016. – 328 p.
2. Resource-saving ways of water treatment in recycling systems / I.V. Shestak [et al.] // Natural Resources. – 2018. – № 1. – P. 32–39.
3. Nesterenko S.V., Bannikov L.P. Problems of operation of drainless recycling cycle of water supply of coke-chemical enterprise // Ecology and Industry. – 2018. – Vol. 1. – P. 44–52.



УДК 620

ПЕРЕРАБОТКА СВЕРХТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ В ПРИСУТСТВИИ АЛЮМОСИЛИКАТОВ

UPGRADING OF EXTRA HEAVY OIL IN THE PRESENCE OF ALUMINOSILICATES

Салахов Ильзат Илшатович

студент
кафедры химической технологии
переработки нефти и газа,
Казанский национальный исследовательский
технологический университет
Ilzat.salakhov@gmail.com

Амансарыев Абдыкерим Байрамгельдыевич

студент
кафедры химической технологии
переработки нефти и газа,
Казанский национальный исследовательский
технологический университет
abdykerim.00@mail.ru

Петров Сергей Михайлович

кандидат технических наук, доцент
доцент кафедры химической технологии
переработки нефти и газа,
Казанский национальный исследовательский
технологический университет
psergeim@gmail.com

Аннотация. В данной работе представлены результаты переработки сверхтяжелой нефти с плотностью 0,9857 г / см³ и содержанием серы 3,6 % масс. в присутствии модифицированных алюмосиликатов природного происхождения в среде перегретого пара при температурах 350–360 °С и давлениях 9–14 МПа. Исходный алюмосиликат представлял собой природную глину с содержанием монтмориллонита 98 % масс., в экспериментах так же участвовали его железосодержащие аналоги с содержанием Fe₂O₃ в количестве 38 % масс. В качестве интеркалирующего соединения для получения железосодержащего алюмосиликата использовался хлорид гидроксокациона ацетата железа (III). Результаты крекинга сверхтяжелой нефти в среде перегретого пара при температуре 350–375 °С и давлении 9–14 МПа показали способность алюмосиликатов не только разрушать молекулы смол и асфальтенов с уменьшением их содержания в 2 раза, но и увеличивать содержание алканов изо-строения обладающих высоким октановым числом в легких топливных фракциях выкипающих до 300 °С, так же приводить к снижению на 60–70 % вязкости переработанной нефти.

Ключевые слова: сверхтяжелая нефть, каталитический крекинг, железосодержащий алюмосиликат, SARA-анализ, хроматография, реология.

1. Введение

3 запасы и ресурсы сверхтяжелых нефтей и природных битумов России, по оценке Геологической службы США, составляют 82 млрд т. Запасы и перспективные ресурсы сверхтяже-

Salakhov Ilzat Ilshatovich

Student of Department of Chemical
Technology of Petroleum and
Gas Processing,
Kazan National Research
Technological University
Ilzat.salakhov@gmail.com

Amansaryev Abdykerim Bayramgeldyevich

Student of Department of Chemical
Technology of Petroleum and
Gas Processing,
Kazan National Research
Technological University
abdykerim.00@mail.ru

Petrov Sergei Mikhailovich

Ph. D., Associate Professor of Chemical
Technology of Petroleum and
Gas Processing,
Kazan National Research
Technological University
psergeim@gmail.com

Annotation. This paper presents the results of upgrading of extra heavy oil with a density of 0.9857 g / cm³ and a sulfur content of 3.6 wt % in the presence of modified aluminosilicates of natural origin in a superheated steam medium at temperatures of 350–360 °C and pressures of 9–14 MPa. The initial aluminosilicate was a natural clay with a montmorillonite content of 98 wt %; its iron-containing analogs with a Fe₂O₃ content of 38 wt % were also involved in the experiments. Iron (III) acetate hydroxocation chloride was used as an intercalating compound for the preparation of iron-containing aluminosilicate. The results of the cracking of superheavy oil in a superheated steam environment at a temperature of 350–375 °C and a pressure of 9–14 MPa showed the ability of aluminosilicates not only to destroy resin and asphaltene molecules with a 2-fold decrease in their content, but also to increase the content of iso-structure alkanes with high octane number in light fuel fractions boiling up to 300 °C, also lead to a 60–70 % decrease in the viscosity of converted oil.

Keywords: extra heavy oil, catalytic cracking, iron-containing aluminosilicate, SARA, chromatography, rheology.



лых нефтей в Волго-Уральском нефтегазоносном бассейне, по данным Татарского геологоразведочного управления ОАО «Татнефть», составляют, порядка 4 млрд тонн [1]. Более половины из них сосредоточено в недрах Республики Татарстан [2]. В связи с этим особый интерес приобретают научные исследования, направленные на создание новых и адаптацию существующих технологий их подготовки и глубокой каталитической переработки [3–5].

Проблема применения в технологиях переработки сверхтяжелых нефтей дорогостоящих катализаторов обуславливающую необходимость разработки способа их извлечения из конечных продуктов, как правило, решается использованием дешевых природных каталитически активных соединений, регенерация которых нецелесообразна. В работах [6–7] авторами показан одностадийный крекинг мазутов с высокой степенью конверсии в светлые нефтепродукты с каталитическими системами на основе природных цеолитов и глин. Тяжелые остаточные фракции, полученные в результате атмосферно-вакуумной перегонки upgrading сверхтяжелой нефти содержащие отработанные частицы природных катализаторов могут быть вовлечены в производство вяжущих материалов для приготовления дорожных покрытий [8–10].

В настоящее время в качестве катализаторов крекинга высокомолекулярных соединений тяжелых нефтей всё больше изучаются алюмосиликаты, цеолиты и переходные металлы [11–15]. В свою очередь, слоистые силикаты имеют двумерную систему каналов, сопоставимую с цеолитами, что делает их поверхность внутри пор и в межслоевом пространстве доступной как для крупных, так и относительно меньших углеводородных молекул. Кислотный характер самих слоистых силикатов связан с наличием в них центров Брэнстеда, являющихся донорами протонов, и Льюиса, являющихся акцепторами электронной пары. Наличие центров Льюиса обеспечивается за счет интеркалированного катиона металла. Таким образом, одним из современных направлений разработок каталитических систем на основе алюмосиликатов стало внедрение «гостевых» молекул, представляющих собой каталитически активные центры в молекулы «хозяина» слоистых силикатов природного или искусственного происхождения. Интеркализацией слоистых силикатов различными комплексами металлов достигается варьирование в широком интервале структурных параметров: удельная площадь поверхности, объем микро- и мезопор, распределение пор по размерам. Внедрение в слои силикатов определенных катионов металлов, может привести к увеличению каналов, делая их шире, чем в цеолитах, что делает модифицированные алюмосиликаты удобным носителем каталитически активных соединений крекинга молекул смол и асфальтенов тяжелых нефтей, которые не могут проникнуть в систему пор цеолитов.

Работа посвящена изучению влияния структурных параметров железосодержащих природных алюмосиликатов на состав и реологические свойства переработанной сверхтяжелой нефти в среде перегретого пара в интервале температур 355–375 °С и давлений 9,6–14,4 МПа.

В работе показана возможность использования природных модифицированных железосодержащих алюмосиликатов для переработки сверхтяжелых нефтей в кондиционное углеводородное сырье, обладающее низкой вязкостью, сниженным количеством смол и асфальтенов с высоким содержанием в топливных фракциях алканов изо-строения.

2. Методы

2.1. Материалы

В качестве типичных представителей сверхтяжелых нефтей, отличающихся высоким содержанием нафтеноароматических, полиароматических соединений, смол и асфальтенов были выбраны нафтиды, залегающие в терригенных отложениях роудского яруса расположенного на западном склоне Южно-Татарского свода Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна. Основным объектом исследования служила высокосернистая сверхтяжелая нефть типа Б² Ашальчинского месторождения, имеющая плотность 0,9857 г / см³. Для её извлечения компанией ПАО «Татнефть» используется технология паро-гравитационного воздействия на пласт с применением пары горизонтальных скважин (SAGD). Извлеченная сверхтяжелая нефть для обезвоживания и обессоливания поступает на установку подготовки высокосернистой нефти УПСВ-7 «Ашальчи». Последующая переработка подготовленной на УПСВ-7 сверхтяжелой нефти на нефтеперерабатывающем заводе усложняет работу атмосферно-вакуумных колонн и приводит к высоким расходам на дорогостоящие водород и катализаторы вторичных процессов, призванных увеличить глубину переработки и повышение качества получаемых продуктов. Таким образом, приоритетным направлением на начальном этапе переработки сверхтяжелой нефти является её переработка в кондиционное углеводородное сырье.

В качестве одноразовых природных катализаторов для облагораживания сверхтяжелой нефти в работе использовалась глина, содержащая 98 % масс. монтмориллонита, представляющего собой алюмосиликат слоистой структуры. В ранее проведенных работах нами была показана целесообразность использования оксидов железа в процессе крекинга тяжелой нефти в среде перегретого пара с



целью увеличения содержания насыщенных углеводородов в переработанной нефти и снижения её вязкости [16–18], так же были подобраны оптимальные термодинамические параметры процесса. Модификация алюмосиликата осуществлялась при постоянном перемешивании и при комнатной температуре в течение 1 часа путем добавления в его 1 % суспензию 0,05 М раствора хлорида гидроксокаатиона ацетата железа (III) до получения соотношения железа к алюмосиликату 0,005 моль / 1 грамм по методике, описанной в работе [19]. Исходный алюмосиликат, использующийся во 2 эксперименте, был получен путем прокаливания при 450 °С в течение 2,5 ч в воздушной среде. Образец интеркалированного алюмосиликата использующийся в 3 эксперименте был предварительно прокален при 450 °С в течение 2,5 ч в кислородной среде. Железосодержащий алюмосиликат, использующийся в 4 эксперименте, был получен прокаливанием при 450 °С в течение 2,5 ч в среде водорода. Состав и структурные параметры алюмосиликатов представлены на рисунках 1 и 2. В результате прокаливании гидроксокаатионы железа, внедренные в межслоевое пространство алюмосиликатных слоев, превращаются в оксид железа Fe₂O₃, который образует периодическую столбчатую систему и, сшивая силикатные слои, образуют нанопористую структуру. Модификация исходного алюмосиликата приводит к увеличению содержания Fe₂O₃ с полной заменой Na в межслойном пространстве (рис. 1).

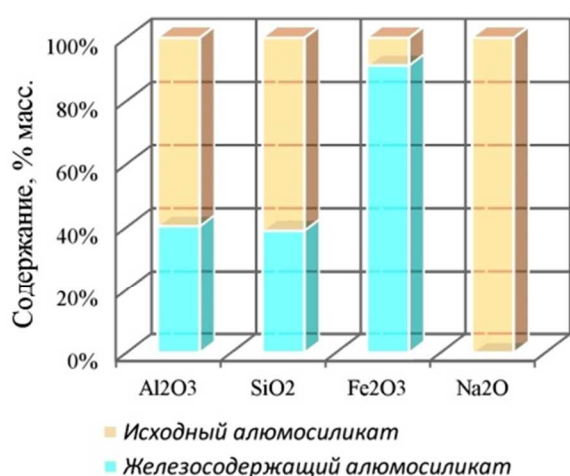


Рисунок 1 – Химический состав исходного и железосодержащего алюмосиликата

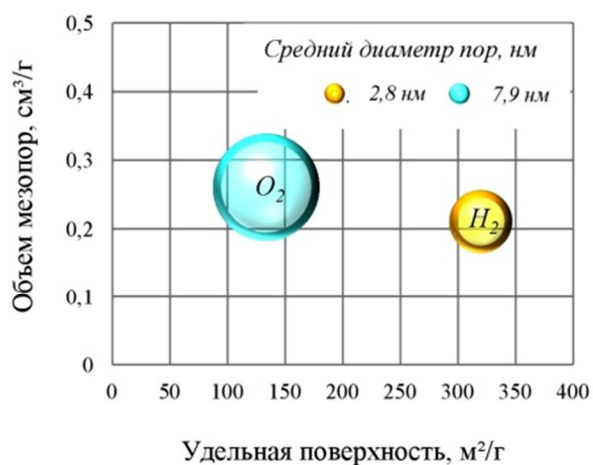


Рисунок 2 – Данные порометрии железосодержащего алюмосиликата, прокаленного в среде O₂ и H₂

Уменьшение удельной поверхности железосодержащего алюмосиликата после прокаливания в среде водорода с 320 до 134 м² / г вызвано частичным разрушением межслоевого пространства, вследствие уменьшения степени окисления железных частиц и их размеров, что в свою очередь способствовало образованию больших диаметров пор 8 нм, против 3 нм (рис. 2).

2.2. Экспериментальная часть

Эксперименты по крекингу сверхтяжелой нефти в присутствии железосодержащих алюмосиликатов при высоких температурах и давлениях проводили в закрытой системе (в автоклаве) в изотермическом режиме (рис. 3). Лабораторная установка представляла собой реакторный блок, который включал в себя непосредственно сам реактор R-101 (автоклав), оснащенный электрической печью (Н-101), тремя термopарами (ТЕ), манометром (PG), вентилем тонкой регулировки для сброса газа в атмосферу (рис. 4). Сам реактор (автоклав) представлял собой цилиндрический вертикальный пустотельный аппарат объемом 230 см³.

Исходную реакционную смесь готовили следующим образом: сначала смешивали сверхтяжелую нефть с алюмосиликатами в количестве 1 % масс. на нефть, затем полученную суспензию смешивали с водой в соотношении 2 : 1 до образования эмульсии. Полученную эмульсию загружали в реактор. С ростом температуры увеличивалось давление, вода переходила в состояние перегретого пара, растворяясь в нефти, обеспечивая равномерный разогрев реакционной смеси по всему объему реактора. Время достижения заданных термобарических условий эксперимента составляло 40 мин, выбранные условия выдерживались в течение 2,5 часов. По истечению заданного времени, нагрев отключали, реактор остужали естественным путем до комнатной температуры, затем выгружали конечные продукты превращения, отделяли воду, анализировали полученную нефть.

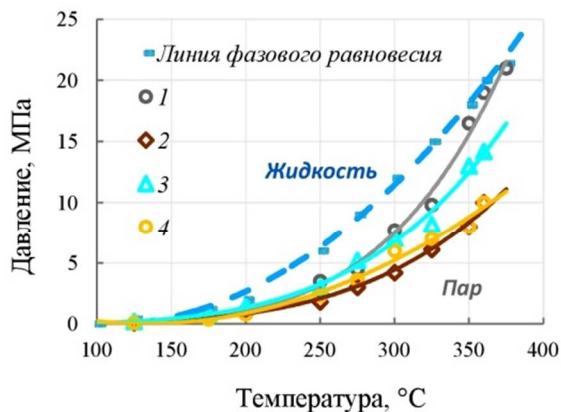


Рисунок 3 – Термодинамические параметры эксперимента

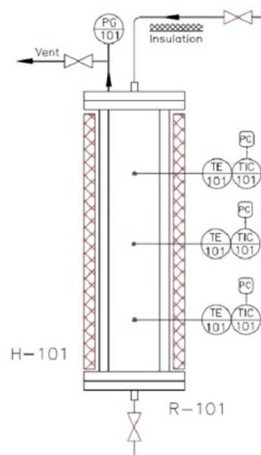


Рисунок 4 – Опытно-лабораторная установка

2.3. Анализ продуктов

Отделение переработанной нефти от алюмосиликатов проводилось в аппарате Сокслета с использованием смеси растворителей: хлороформа, толуола и изопропилового спирта, взятых в соотношении 1 : 1 : 1.

Далее переработанная нефть и исходная сверхтяжелая нефть были разделены методом *SARA анализа* на четыре фракции: насыщенные углеводороды, ароматические углеводороды, смолы и асфальтены. Осаждение асфальтенов из переработанной нефти проводилось 40-кратным количеством *n*-гексана. Деасфальтированная нефть была разделена методом жидкостной колоночной хроматографии с использованием альфа оксида алюминия, предварительно осушенного при температуре 420 °С. В результате из деасфальтированной нефти были получены насыщенные углеводороды, элюированные гексаном, ароматические соединения, элюированные толуолом, и смолы, вытесненные из адсорбента смесью бензола и изопропилового спирта в равных пропорциях.

Углеводородный состав выделенных насыщенных и ароматических углеводородов был определен методом газовой хроматографии/масс-спектрометрии (ГХ / МС) на газовом хроматографе «Хроматек-Кристалл 5000.2» с масс-селективным ISQ детектором и программным обеспечением *Xcalibur* для идентификации индивидуальных углеводородов. На основании данных ГХМС были рассчитаны хроматографические коэффициенты отражающие особенности изменения углеводородного состава переработанной нефти.

Реологические исследования образцов исходной сверхтяжелой нефти и переработанной нефти проводилось на реометре *Haake RheoStress 6000* с использованием измерительной ячейки «конус-плоскость» с диаметром 35 мм и углом конуса 2° в диапазоне скоростей сдвига от 0.0009906 до 800 с⁻¹, в интервале температур от 20 до 80 °С. По измеренным сдвигающим напряжениям и скорости сдвига вычислялась динамическая вязкость [20]. По кривым течения определяли вязкость ньютоновского течения (η_{min}) и индекс аномалии вязкости θ равный отношению η_{max} / η_{min} , где η_{max} – структурная вязкость.

3. Результаты и обсуждения

3.1 SARA анализ

Общей особенностью крекинга сверхтяжелой нефти в закрытой системе при температуре 375 °С и давлении 21 МПа, в среде перегретого пара (опыт 1) является преимущественное протекания реакций деструкции асфальтеновых компонентов в среднем на 4 % масс. с увеличением содержания насыщенных углеводородов (табл. 1). Наличие исходных алюмосиликатов в реакционной среде второго эксперимента, осуществленного при пониженной температуре 355 °С и давлении 9,6 МПа, приводит к наибольшему снижению в продуктах содержания асфальтенов (до 6,09 % масс.). Также в ходе второго эксперимента деструкции подвергаются и смолы, при этом происходит увеличение не только насыщенных, но и ароматических углеводородов на 5,6 и 6,3 % масс., соответственно. Использование Fe-содержащего алюмосиликата с развитой удельной поверхностью 320 м² / г, но с меньшим диаметром пор (2,77 нм) в схожих аналогичных термобарических условиях крекинга вкупе со снижением содержания асфальтенов приводит к накоплению в продуктах смол (их содержание увеличивается с 22,64 до 27,09 % масс.) и ароматических углеводородов. Использование железосодержащего алюмосиликата в опыте 4 с меньшей удельной поверхностью 134 м² / г и большим диаметром пор (7,9 нм) приводит к наибольшему увеличению в конечном продукте ароматических углеводородов (на 3,8 % масс.) против насыщенных углеводородов (на 2,8 % масс.) и смол (на 2,0 % масс.) на фоне снижения количества асфальтенов (на 8,5 % масс.) по сравнению с исходной сверхтяжелой нефтью.



Таблица 1 – Групповой состав исходной сверхтяжелой нефти и переработанной нефти в гидротермальных условиях

№ опыта	Образец	Состав группы, % масс.			
		Насыщ. у/в	Ароматика	Смолы	Асфальтены
	Исходная сверхтяжелая нефть	27,73	34,38	22,64	15,25
1	Опыт при 375 °С, 21.0 МПа	31,77	33,76	23,15	11,32
2	Исходный алюмосиликат, Опыт при 355 °С, 9.6 МПа	33,33	40,06	20,52	6,09
3	Железосодержащий алюмосиликат, Опыт при 360 °С, 14.4 МПа	28,81	36,86	27,09	7,24
4	Железосодержащий алюмосиликат, Опыт при 350 °С, 10.0 МПа	30,56	38,14	24,59	6,71

В выбранных термодинамических условиях каталитического крекинга наибольшей степенью превращения смол и асфальтенов сверхтяжелой нефти обладает исходный алюмосиликат. Можно сделать вывод, что деструкция смол и асфальтенов сверхтяжелой нефти происходит преимущественно на поверхности железосодержащих алюмосиликатов, в то время как поровое пространство для них не доступно.

3.2 Углеводородный состав

Хроматограммы насыщенных углеводородов продуктов крекинга сверхтяжелой нефти в присутствии алюмосиликата отличаются от таковой для исходной нефти и продукта опыта 1 (рис. 5) большей интенсивностью пиков, относящихся к изопреноидным алканам состава nC_{11} – nC_{18} (рис. 6). В области элюирования высококипящих алканов nC_{21} – nC_{28} основные пики приходятся на n -алканы состава nC_{21} – nC_{25} , за исключением продукта опыта 3, осуществленного с железосодержащим алюмосиликатом, обладающим развитой удельной поверхностью $320 \text{ м}^2 / \text{г}$ и меньшим диаметром пор $2,8 \text{ нм}$. Пристан (Pr) и фитан (Ph) являются наиболее термически устойчивыми нефтяными углеводородами, в продуктах крекинга сверхтяжелой нефти в присутствии железосодержащего алюмосиликата сохраняется их достаточно высокая концентрация относительно n -алканов состава C_{17} и C_{18} (рис. 6).

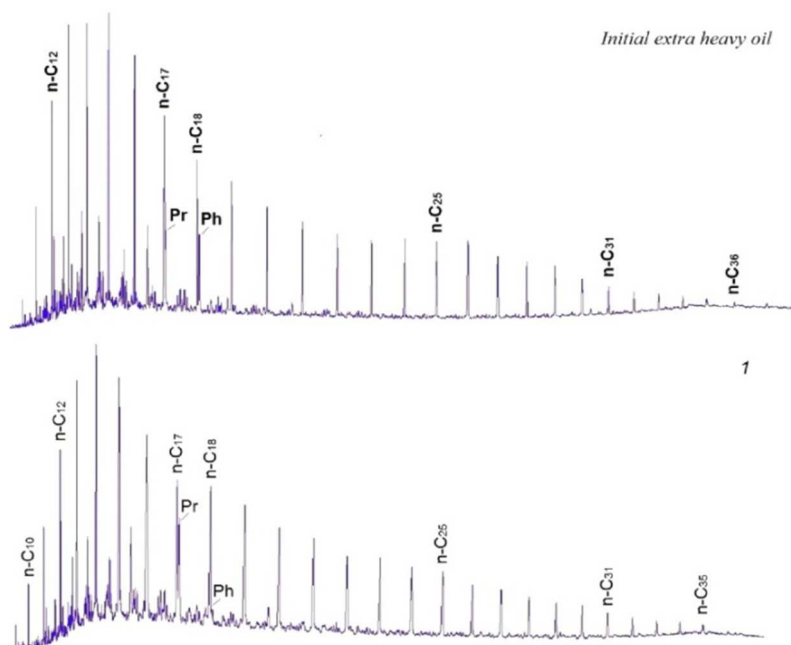


Рисунок 5 – Хроматограммы фракции насыщенных углеводородов исходной сверхтяжелой нефти и переработанной нефти в гидротермальных условиях

Присутствие алюмосиликатов в реакционной среде приводит к разрушению не только крупных молекул смол и асфальтенов сверхтяжелой нефти (табл. 1), но и высокомолекулярных алканов линейного строения с образованием соединений изо-строения состава iC_{10} – iC_{18} , элюирующихся в низкотемпературной области хроматограммы (рис. 6). Интересным представляется сходство селективности полученных железосодержащих алюмосиликатов к n -алканам состава nC_{12} – nC_{25} с



Pt-содержащими алюмосиликатами, описанными в работе [21], проявляющими каталитическую активность к n-алканам состава nC₁₉–nC₃₈.

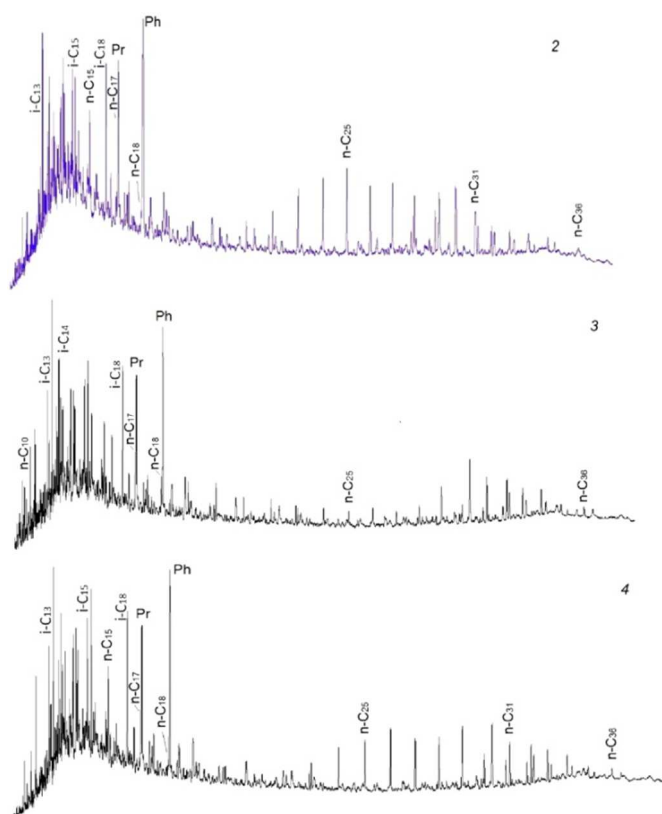


Рисунок 6 – Хроматограммы фракции насыщенных углеводородов

При крекинге сверхтяжелой нефти при температуре 375 °С и давлении перегретого пара 21 МПа в насыщенных углеводородах продуктов эксперимента 1 максимум молекулярно-массового распределения n-алканов приходится на nC₁₃ и nC₁₄, так же увеличивается содержание алканов nC₁₀ и nC₁₁ (рис. 7). Отношение (Pr + Ph) / (nC₁₇ + nC₁₈) менее единицы указывает на преобладание в составе продукта опыта 1 n-алканов над i-алканами (рис. 8).

В продуктах крекинга сверхтяжелой нефти в присутствии исходного алюмосиликата пик молекулярно-массового распределения n-алканов смещается с nC₁₃–nC₁₆ в область низкомолекулярных гомологов nC₁₁–nC₁₄, снижается количество n-алканов состава C₁₈–C₂₃ (рис. 7). При крекинге сверхтяжелой нефти в присутствии железосодержащего алюмосиликата соотношения $\Sigma(nC_{27}–nC_{31}) / \Sigma(nC_{15}–nC_{19})$ увеличивается с 0,2 до 0,8. Значение отношения (Pr + Ph) / (nC₁₇ + nC₁₈) более единицы указывает на преобладание в составе разветвлённых алканов над n-алканами (рис. 8).

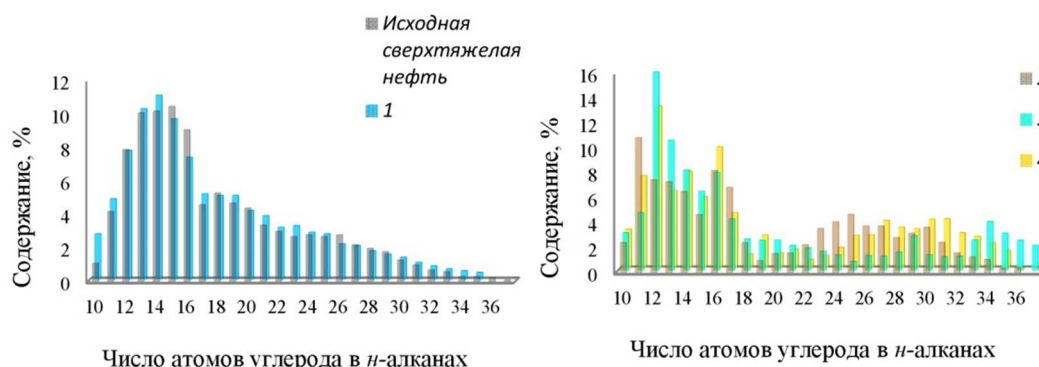


Рисунок 7 – Молекулярно-массовое распределение n-алканов

Таким образом, алюмосиликаты при крекинге сверхтяжелой нефти в среде перегретого пара приводят к разрушению алканов линейного строения и накоплению алканов изо-строения во фракциях, выкипающих до 300 °С (начальная область на хроматограммах до пика пристана Pr). Введение железа в межслоевое пространство исходного алюмосиликата и изменение параметров пор при прокаливании оказывает влияние на селективность протекающих реакций разрушения n-алканов различного состава (рис. 7).

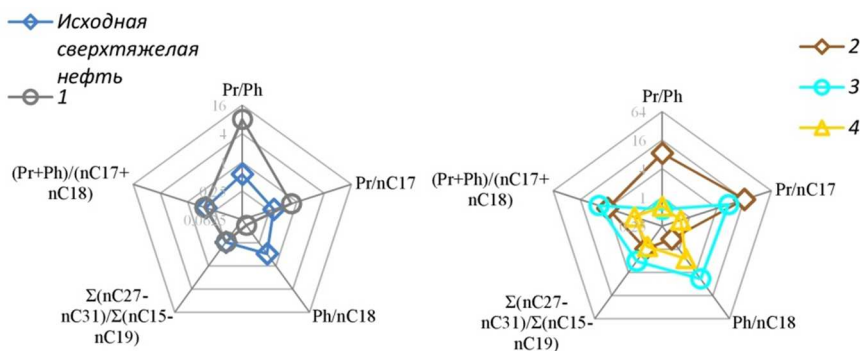


Рисунок 8 – Хроматографические коэффициенты

3.3 Реология

Для сверхтяжелых нефтей характерны предельные напряжения сдвига, проявляющиеся в снижении вязкости до определенного предела, обусловленного началом разрушения имеющихся в системе надмолекулярных структур с переходом от аномального к ньютоновскому течению (когда вязкость нефти не зависит от напряжения сдвига), что наблюдается на реологических кривых при 20 °С (рис. 9). При минимальных значениях напряжения сдвига, вязкость исходной сверхтяжелой нефти и переработанной нефти является переменной величиной, в этом случае течение характеризуется структурной (эффективной) вязкостью, что указывает на их реологическое поведение, как неньютоновских жидкостей при напряжении сдвига до 0,01 Па. На изменение вида реологических кривых исходной сверхтяжелой нефти и переработанной нефти в ходе опыта 1 от переработанной нефти в опытах 2–4 связано с содержанием в составе n-алканов и их молекулярно-массовым перераспределением. Во всем исследуемом интервале температур для переработанной нефти наблюдается большее снижение вязкости при скорости сдвига в области ньютоновского течения, при напряжении сдвига 800 с⁻¹ (рис. 10). Снижение вязкости переработанной нефти по сравнению с исходной сверхтяжелой нефтью связано с уменьшением содержания в них асфальтенов и смол веществ, увеличением количества насыщенных и ароматических углеводородов (табл. 1). Более высокой вязкостью 5,8 Па·с обладает исходная нефть, наименьшей вязкостью 1,6 Па·с обладает переработанная нефть в присутствии исходного алюмосиликата. Использование железосодержащего алюмосиликата при крекинге сверхтяжелой нефти приводит к снижению вязкости переработанной нефти на 60 %, до 2,8 Па·с.

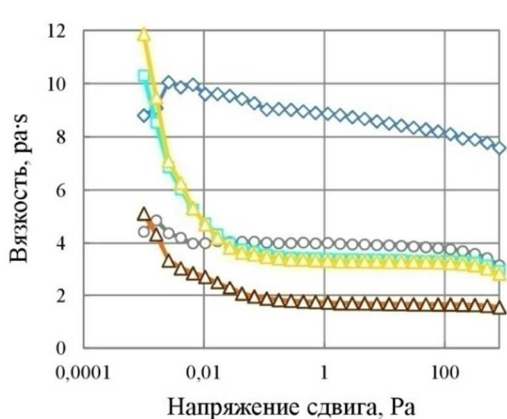


Рисунок 9 – Реологические кривые исходной сверхтяжелой нефти и переработанной нефти

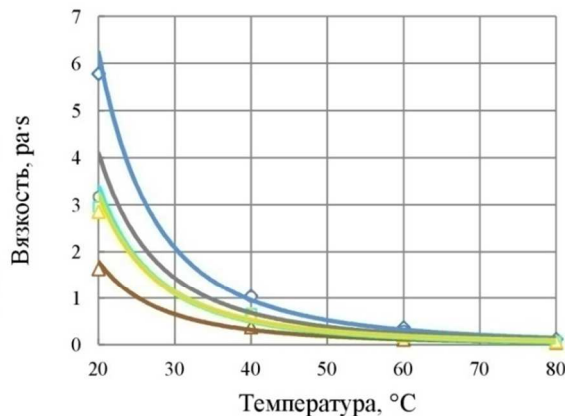


Рисунок 10 – Зависимость вязкости исходной сверхтяжелой нефти и переработанной нефти

По значениям структурной вязкости (η_{max}) и вязкость ньютоновского течения (η_{min}) был рассчитан индекс аномалии вязкости θ равный отношению η_{max}/η_{min} , отражающий устойчивость структур к сдвиговым деформациям (рис. 11).

Переработанная нефть в присутствии исходного и железосодержащего алюмосиликатов различаются температурами 60 и 80 °С, при которых происходит повышение индекса аномалии вязкости θ более чем в 2 раза. Повышение θ указывает на снижение устойчивости переработанной нефти к сдвиговым деформациям, обусловленной изменениями в качественном и количественном составе.

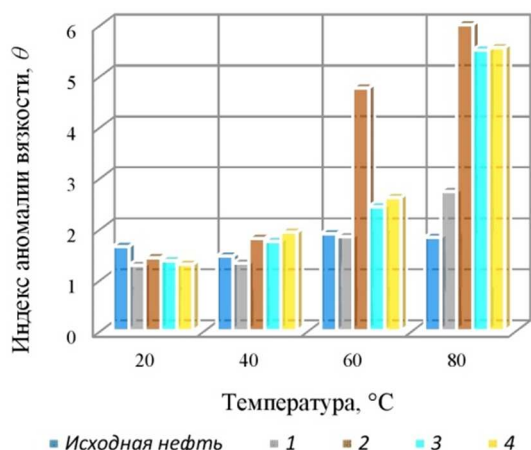


Рисунок 11 – Зависимость индекса аномалии вязкости от температуры

4. Заключение

Переработанная нефть в среде перегретого пара в интервале температур 355–375 °С и давлений 9,6–14,4 МПа в присутствии алюмосиликатов характеризуются увеличением содержания насыщенных углеводородов с заметным снижением содержания асфальтенов и смол. Наибольшее снижение вязкости на 70 %, по сравнению с исходной сверхтяжелой нефтью, наблюдается у переработанной нефти в присутствии исходного алюмосиликата. Наличие в реакционной среде крекинга сверхтяжелой нефти в присутствии алюмосиликата приводит к заметному разложению алканов линейного строения, с накоплением в переработанной нефти алканов изо-строения. Отличительной особенностью крекинга сверхтяжелой нефти в присутствии железосодержащего алюмосиликата с диаметром пор 7,9 нм является значительная деструкция n-алканов состава nC_{24} – nC_{29} . Проведенные исследования показывают потенциальную возможность использования алюмосиликата и их модифицированных аналогов для первичного крекинга сверхтяжелых нефтей с целью получения качественного углеводородного сырья для нефтеперерабатывающих заводов.

Исследование выполнено в рамках государственного задания № 075-00315-20-01 (0674-2020-0005 Катализ в нефтепереработке и нефтегазохимии)

Литература:

1. Influence of Metal Oxides and Their Precursors on the Composition of Final Products of Aquathermolysis of Raw Ashalchin Oil / S.M. Petrov [et al.] // Processes. – 2021. – Vol. 9. – №. 2. – P. 256.
2. The transformation of high-viscosity oil of carbonate rock in the presence of CO [AcAc] 3 catalyst in a vapor-air medium / A. Nosova [et al.] // Petroleum Science and Technology. – 2018. – Vol. 36. – №. 13. – P. 1001–1006.
3. Composition of Oils of Carbonate Reservoirs in Current and Ancient Water—Oil Contact Zones / G.P. Kayukova [et al.] // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. – 2015. – Vol. 51. – №. 1. – P. 117–126.
4. Galadima A., Muraza O. Hydrocracking catalysts based on hierarchical zeolites: A recent progress // Journal of industrial and engineering chemistry. – 2018. – Vol. 61. – P. 265–280.
5. High silica REHY zeolite with low rare earth loading as high-performance catalyst for heavy oil conversion / X. Gao [et al.] // Applied Catalysis A: General. – 2012. – Vol. 413. – P. 254–260.
6. Natural Aluminosilicate-based Y Zeolite for Catalytic Cracking of n-Hexadecane / I. Khatrin [et al.] // Makara Journal of Science. – 2020. – Vol. 24. – №. 2. – P. 3.
7. Бекешев М.М., Ибрашева Р.Х., Цветкова И.В. Крекинг парафинистого мазута на катализаторах из природных алюмосиликатов // Башкирский химический журнал. – 2020. – Т. 27. – №. 2.
8. Lakhova A. I. et al. Impact of the Group Content on the Properties of Bitumen of Different Grades // Research Journal of Applied Sciences. – 2015. – Vol. 10. – №. 12. – P. 917–921.
9. Effect of modification of a copolymer of ethylene with vinyl acetate on the performance of cement and asphalt concrete based on it / R.R. Zakieva [et al.] // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. – 2015. – Vol. 51. – №. 5. – P. 480–486.
10. Polymer additive influence on composition and properties of bitumen polymer compound / L.R. Baibekova [et al.] // International Journal of Applied Chemistry. – 2015. – Vol. 11. – №. 5. – P. 593–599.
11. Experimental investigation of aluminosilicate nanoparticles for enhanced recovery of waxy crude oil / T. Wijayanto [et al.] // Energy & Fuels. – 2019. – Vol. 33. – №. 7. – P. 6076–6082.
12. Carbon nanosheet frameworks derived from peat moss as high performance sodium ion battery anodes / J. Ding [et al.] // ACS nano. – 2013. – Vol. 7. – №. 12. – P. 11004–11015.
13. A new composite consisting of Y zeolite and ZrO₂ for fluid catalytic cracking reaction / W. Liu [et al.] // Composites Part B: Engineering. – 2020. – Vol. 200. – P. 108317.



14. Hamidi R., Khoshbin R., Karimzadeh R. A new approach for synthesis of well-crystallized Y zeolite from bentonite and rice husk ash used in Ni-Mo/Al₂O₃-Y hybrid nanocatalyst for hydrocracking of heavy oil // *Advanced Powder Technology*. – 2021. – Vol. 32. – №. 2. – P. 524–534.
15. Characterization and cracking performance of zirconium-modified Y zeolite / S. Yu [et al.] // *Catalysis Communications*. – 2021. – Vol. 148. – P. 106171.
16. Aquathermolysis of heavy oil using nano oxides of metals / A. Lakhova [et al.] // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. – 2017. – Vol. 153. – P. 385–390.
17. Conversion of organic matter in the carbonaceous medium in the supercritical water / S.M. Petrov [et al.] // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. – 2017. – Vol. 159. – P. 497–505.
18. Changes of asphaltenes' structural phase characteristics in the process of conversion of heavy oil in the hydrothermal catalytic system / G.P. Kayukova [et al.] // *Energy & Fuels*. – 2016. – Vol. 30. – №. 2. – P. 773–783.
19. Synthesis of fe-pillared interlayered clays and its application for the catalytic cracking of alkanes / Jr A.A. Shinkarev [et al.] // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*. – 2018. – Vol. 18. – №. 1.4. – P. 859–866.
20. Conversion of extra-heavy Ashal'chinskoe oil in hydrothermal catalytic system / I.M. Abdrafikova [et al.] // *Petroleum Chemistry*. – 2015. – Vol. 55. – №. 2. – P. 104–111.
21. Превращение n-парафинов с 19-с 38 в компоненты керосиновых и дизельных топлив на Pt-содержащем аморфном алюмосиликате / С.В. Лысенко [и др.] // *Вестник Московского университета. Серия 2. Химия*. – 2015. – Т. 56. – №. 6.

References:

1. Influence of Metal Oxides and Their Precursors on the Composition of Final Products of Aquathermolysis of Raw Ashalchin Oil / S.M. Petrov [et al.] // *Processes*. – 2021. – Vol. 9. – №. 2. – P. 256.
2. The transformation of high-viscosity oil of carbonate rock in the presence of CO [AcAc] 3 catalyst in a vapor-air medium / A. Nosova [et al.] // *Petroleum Science and Technology*. – 2018. – Vol. 36. – №. 13. – P. 1001–1006.
3. Composition of Oils of Carbonate Reservoirs in Current and Ancient Water–Oil Contact Zones / G.P. Kayukova [et al.] // *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. – 2015. – Vol. 51. – №. 1. – P. 117–126.
4. Galadima A., Muraza O. Hydrocracking catalysts based on hierarchical zeolites: A recent progress // *Journal of industrial and engineering chemistry*. – 2018. – Vol. 61. – P. 265–280.
5. High silica REHY zeolite with low rare earth loading as high-performance catalyst for heavy oil conversion / X. Gao [et al.] // *Applied Catalysis A: General*. – 2012. – Vol. 413. – P. 254–260.
6. Natural Aluminosilicate-based Y Zeolite for Catalytic Cracking of n-Hexadecane / I. Khatri [et al.] // *Makara Journal of Science*. – 2020. – Vol. 24. – №. 2. – P. 3.
7. Bekeshev M.M., Ibrasheva R.H., Tsvetkova I.V. Cracking paraffinaceous fuel oil on catalysts from natural aluminosilicates // *Bashkir Chemical Journal*. – 2020. – Vol. 27. – №. 2.
8. Lakhova A. I. et al. Impact of the Group Content on the Properties of Bitumen of Different Grades // *Research Journal of Applied Sciences*. – 2015. – Vol. 10. – №. 12. – P. 917–921.
9. Effect of modification of a copolymer of ethylene with vinyl acetate on the performance of cement and asphalt concrete based on it / R.R. Zakieva [et al.] // *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. – 2015. – Vol. 51. – №. 5. – P. 480–486.
10. Polymer additive influence on composition and properties of bitumen polymer compound / L.R. Baibekova [et al.] // *International Journal of Applied Chemistry*. – 2015. – Vol. 11. – №. 5. – P. 593–599.
11. Experimental investigation of aluminosilicate nanoparticles for enhanced recovery of waxy crude oil / T. Wijayanto [et al.] // *Energy & Fuels*. – 2019. – Vol. 33. – №. 7. – P. 6076–6082.
12. Carbon nanosheet frameworks derived from peat moss as high performance sodium ion battery anodes / J. Ding [et al.] // *ACS nano*. – 2013. – Vol. 7. – №. 12. – P. 11004–11015.
13. A new composite consisting of Y zeolite and ZrO₂ for fluid catalytic cracking reaction / W. Liu [et al.] // *Composites Part B: Engineering*. – 2020. – Vol. 200. – P. 108317.
14. Hamidi R., Khoshbin R., Karimzadeh R. A new approach for synthesis of well-crystallized Y zeolite from bentonite and rice husk ash used in Ni-Mo/Al₂O₃-Y hybrid nanocatalyst for hydrocracking of heavy oil // *Advanced Powder Technology*. – 2021. – Vol. 32. – №. 2. – P. 524–534.
15. Characterization and cracking performance of zirconium-modified Y zeolite / S. Yu [et al.] // *Catalysis Communications*. – 2021. – Vol. 148. – P. 106171.
16. Aquathermolysis of heavy oil using nano oxides of metals / A. Lakhova [et al.] // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. – 2017. – Vol. 153. – P. 385–390.
17. Conversion of organic matter in the carbonaceous medium in the supercritical water / S.M. Petrov [et al.] // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. – 2017. – Vol. 159. – P. 497–505.
18. Changes of asphaltenes' structural phase characteristics in the process of conversion of heavy oil in the hydrothermal catalytic system / G.P. Kayukova [et al.] // *Energy & Fuels*. – 2016. – Vol. 30. – №. 2. – P. 773–783.
19. Synthesis of fe-pillared interlayered clays and its application for the catalytic cracking of alkanes / Jr A.A. Shinkarev [et al.] // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*. – 2018. – Vol. 18. – №. 1.4. – P. 859–866.
20. Conversion of extra-heavy Ashal'chinskoe oil in hydrothermal catalytic system / I.M. Abdrafikova [et al.] // *Petroleum Chemistry*. – 2015. – Vol. 55. – №. 2. – P. 104–111.
21. Conversion of n-paraffins from 19-с 38 into components of kerosene and diesel fuels on Pt-containing amorphous aluminosilicate / S.V. Lysenko [et al.] *Series 2. Chemistry*. – 2015. – Vol. 56. – №. 6.



УДК 620

ФИНГЕРПРИНТИНГ НЕФТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОРСКИХ ПРОЕКТОВ

OIL FINGERPRINTING IN THE DEVELOPMENT OF OFFSHORE PROJECTS

Сарсенбеков Н.Д.

Атырауский филиал «КМГ Инжиниринг»
sarsenbekov.n@lpcmg.kz

Барлыбаева Л.М.

Атырауский филиал «КМГ Инжиниринг»

Досмухамбетов А.Д.

Атырауский филиал «КМГ Инжиниринг»

Аннотация. Генетическая типизация исследованных образцов нефти на основе фингерпринтинга может помочь решить множество задач, в том числе и при разработке морских проектов. Применение инновационных технологий зарубежных компаний специалистами отечественных компаний не только помогает решать ключевые вопросы поиска источников экологических проблем, например, источника разлива нефти, но и позволяет существенно снизить себестоимость и сроки устранения таких аварийных ситуаций.

В статье представлены результаты работы лаборатории по определению условного источника загрязнения Каспийского моря при разливе нефти.

Ключевые слова: геохимические анализы нефти, резервуарная геохимия, фингерпринтинг нефти, источник загрязнения, проба нефти.

Sarsenbekov N.D.

Atyrau branch of KMG Engineering
sarsenbekov.n@lpcmg.kz

Barlybaeva L.M.

Atyrau branch of KMG Engineering

Dosmukhambetov A.D.

Atyrau branch of KMG Engineering

Annotation. Genetic types of the studied oil samples based on fingerprinting can help to deal with many problems, including in the development of offshore projects. The application of the innovative technologies of foreign companies by specialists of domestic companies not only helps to solve key issues of finding sources of environmental problems, for example, the source of an oil spill, but also allows one to reduce the cost and time for elimination of such emergencies significantly.

This report presents the results of the laboratory's analysis to determine the conditional source of oil spill pollution of the Caspian Sea

Keywords: oil geochemical analysis, reservoir geochemistry, oil fingerprinting, pollution source, oil sample.

Казахстанский сектор Каспийского моря (КСКМ) по имеющимся данным поисково-разведочных работ в перспективе имеет огромный потенциал добычи углеводородного сырья (далее УВС) – более 120 перспективных структур [1]. Нефть в регионе Каспийского моря добывается уже более полувека и практически весь ее объем приходится на южную часть акватории. Северная часть Каспийского моря, в том числе и КСКМ, из-за своей уникальности долгое время была недоступной для нефтегазового сектора. Но при этом за этот период проводилось множество научно-технических работ по преодолению препятствий, возникающих при разработке месторождений УВС на мелководье [2–6].

Конечно, без привлечения зарубежных компаний с их инновационными разработками в сфере нефтегазового сектора, освоение перспективных структур в уникальной акватории Каспийского моря было бы сложным или же недостижимым [7–10].

В настоящей работе основной акцент делается на распознавание нефти и ее отнесение к какому-либо источнику, которые можно применять в случаях разлива нефтепродуктов в акватории Каспийского моря. Данная работа выполняется не для определения виновного за разлив, а для ускоренного обнаружения источника утечки, с целью принятия срочных мер по ее устранению. Источники разливов нефти могут быть разными, начиная от конкретных скважин, в случае низкого качества колонного цемента, кончая расположенными на дне моря нефтяными трубопроводами, в случае каких-либо утечек. Несвоевременное устранение данных утечек может привести к непоправимому ущербу, в первую очередь, в экосистеме Каспийского моря, которая по характеру является замкнутой. В данном случае применение современных технологий по определению источника загрязнения методом геохимии нефти весьма перспективно.

За время работы лаборатории геохимических исследований нефти накопилось определенное количество информации по отпечаткам нефти месторождений всех осадочных бассейнов Республики Казахстан. Данной лаборатории была поставлена задача – используя полученную информацию и проведя небольшой эксперимент, определить источник условно разлитой нефти, которую гипотетически можно отнести к более чем 20 потенциальным источникам от 5 компаний.



В начале эксперимента в лабораторию были представлены две пробы нефти, разбавленной водой из водозаборной скважины и список потенциальных источников (более 20 проб нефти), база информации по которым имеется в лаборатории Атырауского филиала ТОО «КМГ Инжиниринг». Основной задачей исполнителя было определение источника разлива с большой степенью вероятности.

Для усложнения задачи в пробе № 1 были смешаны две разные нефти от разных источников.

Следует отметить, что в данном эксперименте использован только один вид анализа – фингер-принтинг нефти по 12 ароматическим пикам, который имеет свой определенный недостаток по утере передачи 3 видов ароматики при долгом нахождении в воде. Однако, есть еще множество видов фингер-принтинга по биомаркерным анализам (генетические свойства нефти), с применением которых имеется возможность подтверждения достоверности полученных результатов. Использование в данном случае только первого метода обосновано его простотой и небольшими затратами времени для получения результатов, т. к. одним из требований является быстрое нахождение источника [11–12].

Для решения поставленной задачи понадобилось всего 3–4 часа, чтобы получить результат. При этом здесь следует отметить, что для сопоставления с характеристиками источника загрязнения в данном случае было использовано 20 проб с заранее определенными характеристиками отпечатков по ароматическим компонентам. Работы по определению характеристик отпечатков ранее исследованных проб проводились в период 2016–2018 гг. и для кодированной пробы (потенциально разлитой) использовали один из них, несмотря на то, что данная нефть находилась в лаборатории более 2-х лет. Долгое хранение нефти (соблюдая правильные условия) позволяет сохранить отпечатки, не оказывая существенных изменений, это говорит о том, что таким образом можно создать банк потенциально разлитой нефти как по отпечаткам, так и живую (обезвоженную пробу нефти в стеклянных бутылках). Это ускорит дальнейшее их обнаружение при разливе на море. В реальности можно ожидать затрат большего количества времени, в зависимости от количества потенциальных источников загрязнения, для анализа которых может понадобиться дополнительное время если не хранить базу отпечатков и живую нефть (в данном случае уйдет определенное время на отбор, анализ и тд.).

В таблице 1 представлен список проб, относящихся к условно принятым источникам, и 2 переданных проб нефти, которые были исследованы за максимально короткое время. На рисунках 1 и 2 представлены их «звездные» диаграммы и дендрограмма по сходству.

Как видно из рисунков, получены 5 групп (или семейств) нефти по пяти нефтепользователям. Пробу № 1 (рис. 2) можно отнести к одной группе нефти (группа А), а пробу № 2 – к другой нефти (группа В). Проба нефти №1 в действительности имеет определенные сходства с нефтью группы А (рис. 4), однако если посмотреть внимательно на рисунках 1 и 3, то можно ее отнести к смеси нескольких проб, так как на рисунке 3 имеется пересечение, а не параллельное повторение с результатами пробы группы А. Высказано предположение, что проба нефти №1 имеет определенную смешанность с другой нефтью, а проба нефти № 2 на 100% относится к пробе группы В (рис. 3, 4).

Далее, в результате детального рассмотрения «звездной» диаграммы, представленной на рисунке 1, по параметрам 4 / (4 + 5) и 7 / (7 + 8 + 9) пробы нефти месторождений группы А, С, D были исключены из списка потенциальных загрязнителей и теперь их осталось сопоставить с нефтями месторождений В и Е так как нефть № 1 находилась при пересечении в этих двух групп (рис. 5).

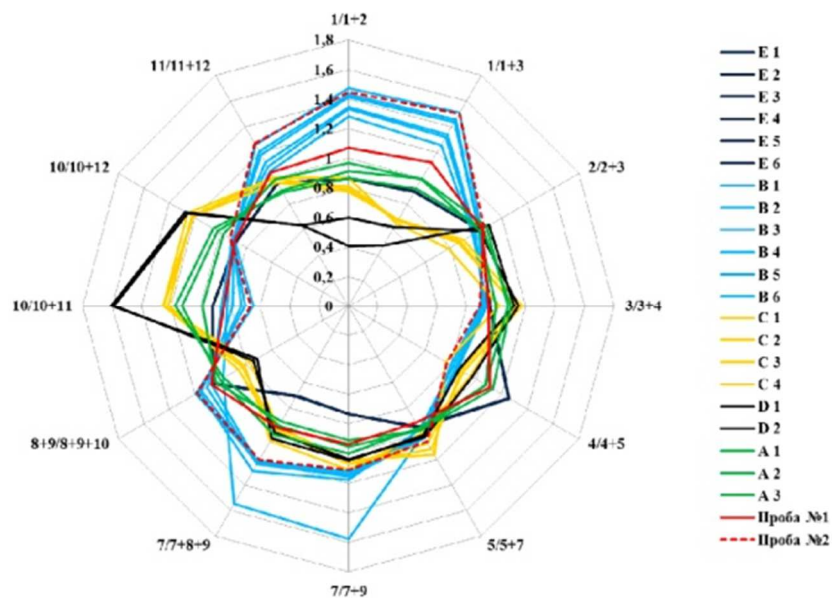


Рисунок 1 – «Звездная» диаграмма по изучаемым пробам



Таблица 1 – Используемые результаты по фингерпринтингу нефти

№№ п/п	Пробы	Соотношение ароматических фракций												
		1/1+2	1/1+3	2/2+3	3/3+4	4/4+5	5/5+7	7/7+9	7/7+8+9	8+9/8+9+10	10/10+12	11/11+12		
1	Проба №1	1,072007	1,121116	1,045659	0,947602	1,105883	0,913626	0,936551	0,954723	1,068614	0,844152	1,045984		
2	Проба №2	1,447459	1,503122	1,058548	0,889914	0,76884	1,061122	1,110325	1,204951	1,184866	0,659078	1,270075		
3	E 1	0,865841	0,898501	1,03177	0,959642	1,257689	0,953253	0,731156	0,70494	1,056534	0,920137	0,96326		
4	E 2	0,864033	0,895162	1,030318	0,953834	1,253012	0,948271	0,730658	0,703537	1,053527	0,92022	0,959579		
5	E 3	0,863349	0,895532	1,031343	0,953749	1,253467	0,94655	0,733096	0,707109	1,054106	0,918787	0,96249		
6	E 4	0,866494	0,898318	1,030957	0,956357	1,256589	0,946345	0,731469	0,705036	1,055033	0,91812	0,96299		
7	E 5	0,866939	0,898512	1,030709	0,954395	1,252699	0,950188	0,732853	0,706827	1,055122	0,917668	0,963004		
8	E 6	0,867022	0,898065	1,030197	0,954797	1,251166	0,953311	0,732837	0,706579	1,054712	0,91753	0,962669		
9	B 1	1,475526	1,509558	1,035056	0,895194	0,799828	1,00417	1,123967	1,220715	1,194964	0,641547	1,259118		
10	B 2	1,284793	1,256472	0,970857	0,939731	0,855381	1,030224	1,154977	1,229491	1,070408	0,857723	1,054958		
11	B 3	1,346385	1,340622	0,992279	0,916216	0,854649	1,014165	1,149621	1,2364	1,10664	0,781942	1,121651		
12	B 4	1,415337	1,435335	1,018753	0,915582	0,841892	1,002596	1,139732	1,234504	1,150875	0,722246	1,184724		
13	B 5	1,432266	1,45614	1,023068	0,913326	0,818528	0,966447	1,17662	1,291221	1,165081	0,699057	1,207423		
14	B 6	1,333112	1,317634	0,982721	0,935937	0,840597	1,010012	1,578203	1,548422	0,978508	0,819945	1,090721		
15	C 1	0,79172	0,669575	0,873294	1,128556	0,952796	0,995785	1,110529	1,057724	0,811796	1,222166	1,002184		
16	C 2	0,773528	0,677457	0,899959	1,176085	0,899021	1,075706	1,066584	0,979634	0,861855	1,249712	0,965727		
17	C 3	0,865099	0,648827	0,780639	1,022137	0,759373	1,166404	1,042742	0,954453	0,766491	1,253461	1,006837		
18	C 4	0,813408	0,674684	0,857388	1,13542	0,876519	1,119289	1,070097	0,972436	0,832609	1,255075	0,966235		
19	D 1	0,598131	0,619169	1,024955	1,149515	0,966212	1,028683	1,039839	0,993779	0,744608	1,590373	0,633708		
20	D 2	0,409234	0,477974	1,099007	1,122272	0,864192	1,012967	1,045079	1,036828	0,714834	1,608336	0,631529		
21	A 1	0,966933	0,991898	1,023458	1,0006	1,072411	0,971755	0,912352	0,904503	1,038814	0,984893	0,993403		
22	A 2	0,865987	0,919146	1,051446	1,101768	1,126804	0,973398	0,951466	0,940336	0,975805	1,172934	0,888504		
23	A 3	0,915395	0,997183	1,07762	1,07737	1,072472	0,955733	0,999247	1,005854	1,0042	1,124898	0,903225		

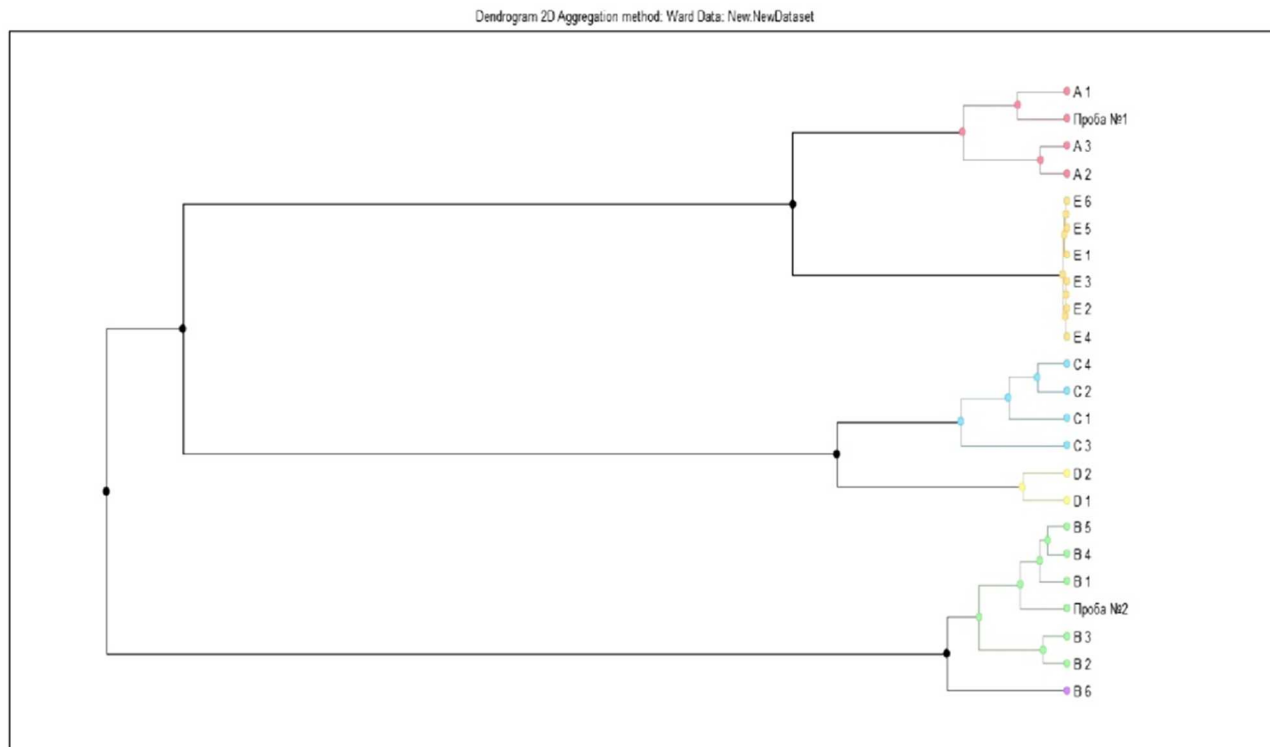


Рисунок 2 – Дендрограмма, построенная по изучаемым пробам

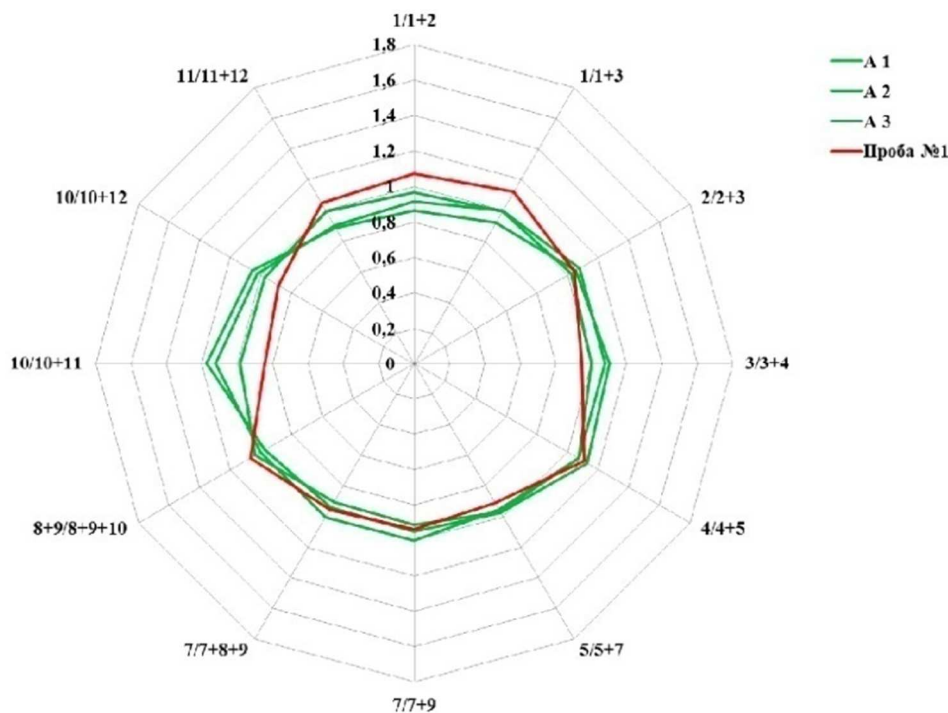


Рисунок 3 – «Звездная» диаграмма по нефти № 1 и группы А

После построения дендрограммы из группы В и Е (рис. 6) можно предположить, что основной состав нефти № 1 приходится на группу Е. И теперь перед исследователями стоит задача определить процентное соотношение нефти двух проб: компаний В и Е. Учитывая, что диаграммы проб нефти Е имеют очень схожий характер, их среднее значение можно принять как 100 %, для того, чтобы затем определить по каждому параметру ароматических компонентов доли пробы нефти В по каждой скважине в пробе № 1. В качестве потенциального источника загрязнения были выбраны три пробы (В № 3, В № 4, В № 5), по которым имеются самые низкие значения стандартного отклонения (табл. 2). После определения потенциального источника с группы В, была сделана попытка определить источник с группы Е, приняв за 100 % нефти пробу «В» № 5. В таблице 2 представлены резуль-



таты смеси и выводы специалистов из которого можно предположить, что нефть № 1 состоит из смеси нефти группы В и Е в соотношении 59 и 41 %, соответственно. В данном случае результаты можно считать 100 %-ным совпадением, учитывая, что для аналитики был предоставлен минимум времени. Из-за сходства нефтей группы Е определение потенциального загрязнителя в данной группе выполнить затруднительно, без проведения дополнительных анализов.

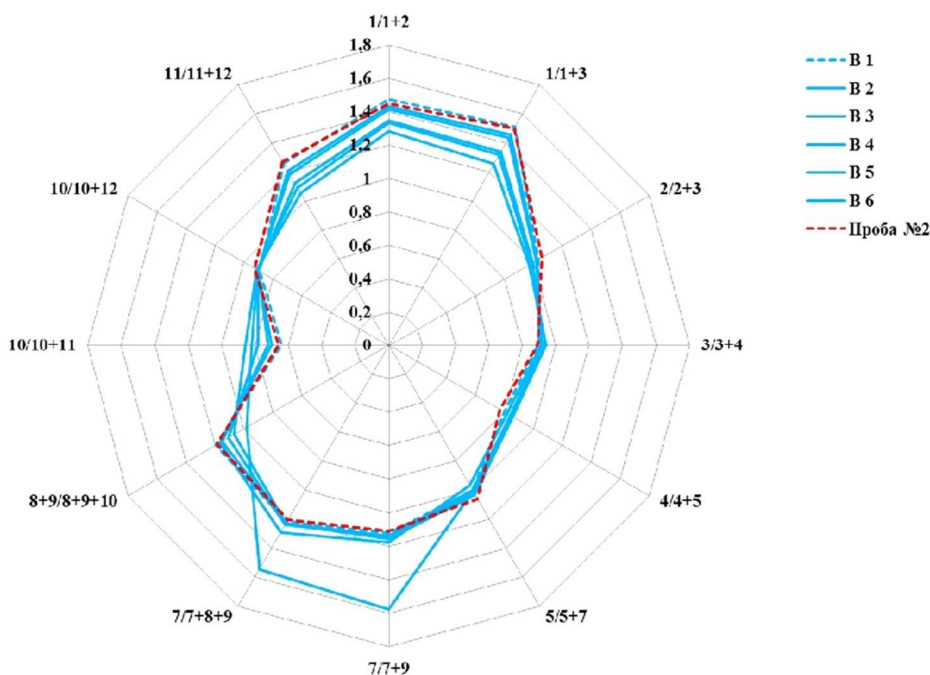


Рисунок 4 – «Звездная» диаграмма по нефти № 2 и группы В

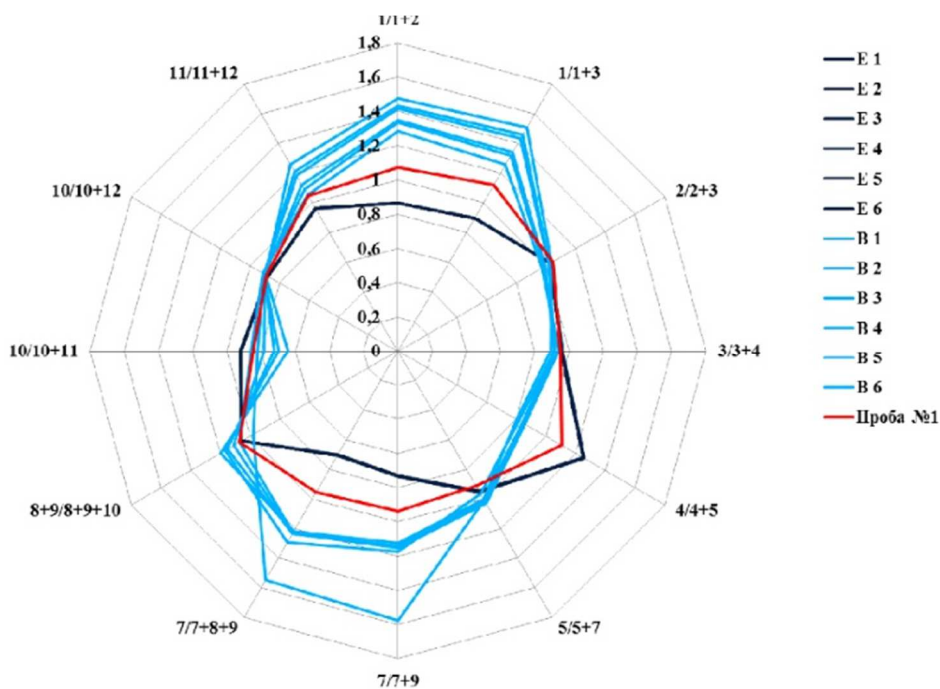


Рисунок 5 – «Звездная» диаграмма по нефти пробы № 1, групп В и Е

По данным геохимического анализа можно опередить смесь до 3-х проб, что потребует дополнительные аналитические расчеты и построение дендрограмм. Однако разливы нефти на месторождении в основном происходят из одного источника, если не учесть разливы из танкеров или магистральных трубопроводов, в которых имеются смеси нефти разных месторождений. Тем не менее отобрав нефть из них и сопоставив нефти разлива, то без каких-либо, усилий можно идентифицировать источники разлива. Для ускорения получения результатов необходимо иметь базу анализов и при необходимости оперативный отбор проб от потенциального источника.



Таблица 2 – Результаты определения смеси пробы № 1

№ п/п	Пробы	Соотношение ароматических фракций												Средн. значение	Стандартное отклонение			
		1/1+2	1/1+3	2/2+3	3/3+4	4/4+5	5/5+7	7/7+9	7/7+8+9	8+9/8+9+10	10/10+11	10/10+12	11/11+12					
1	В 1	33,8	36,6			32,6		52,2	48,4					26,9	70,1	28,2	41,1	14,8
2	В 2	49,2	62,3			37,2		48,4	47,5					122,2	29,5	90,3	60,8	30,8
3	В 3	42,9	50,5			37,1		49,0	46,9					54,5	42,6	52,5	47,0	5,8
4	В 4	37,5	41,6			36,0		50,2	47,1					38,0	39,3	37,6	40,9	5,1
5	В 5*	36,4	40,0			34,0		46,0	42,5					34,0	41,7	34,1	38,6	4,6
6	В 6	44,1	53,2			35,8		24,2	29,6					75,5	31,6	65,2	44,9	18,3
7	Е 1	63,6	60,1			65,4		53,9	57,4					65,6	64,8	66,1	62,1	4,5
8	Е 2*	63,4	59,7			66,1		53,8	57,3					65,6	55,1	65,1	60,8	5,0
9	Е 3	63,3	59,8			66,1		54,1	57,6					66,0	58,8	65,9	61,5	4,5
10	Е 4	63,7	60,1			65,6		53,9	57,4					66,2	58,4	66,0	61,4	4,6
11	Е 5	63,7	60,1			66,2		54,1	57,6					66,4	57,3	66,0	61,4	4,8
12	Е 6	63,7	60,0			66,4		54,1	57,6					66,4	56,2	66,0	61,3	5,0

*пробы нефти, использованные для смешивания в пробе № 1

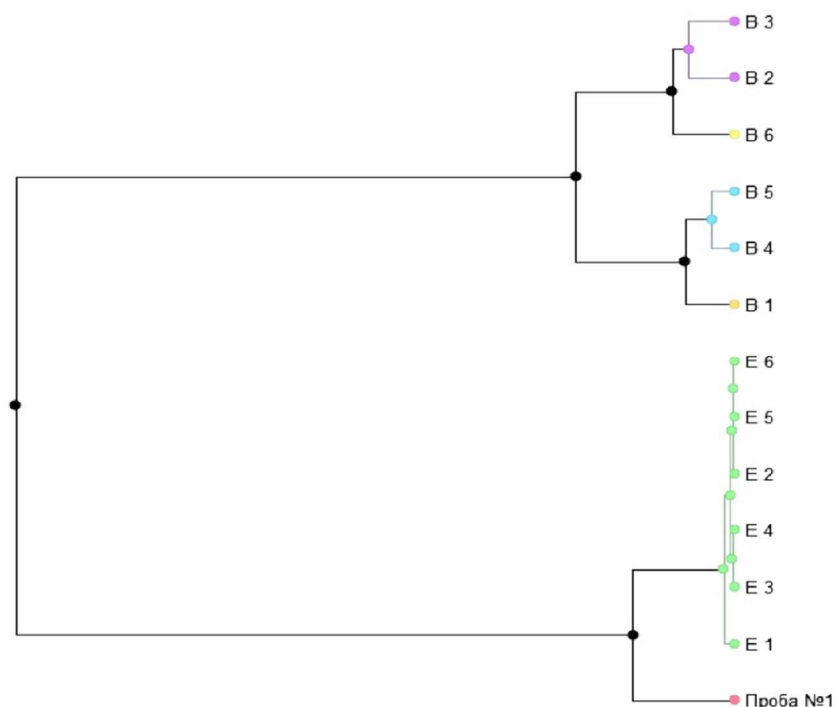


Рисунок 6 – Дендрограмма построенная по нефти № 1, групп В и Е

После получения окончательного заключения лаборатории были раскрыты все карты и открыто что, в действительности, в пробе № 1 были использованы нефти Е № 2 и В № 5 в соотношении 57 и 43 % соответственно (рис. 7). На рисунке 7, а приведена масса пробы нефти В № 5, а на рисунке 7, б – с учетом нефти Е № 2.

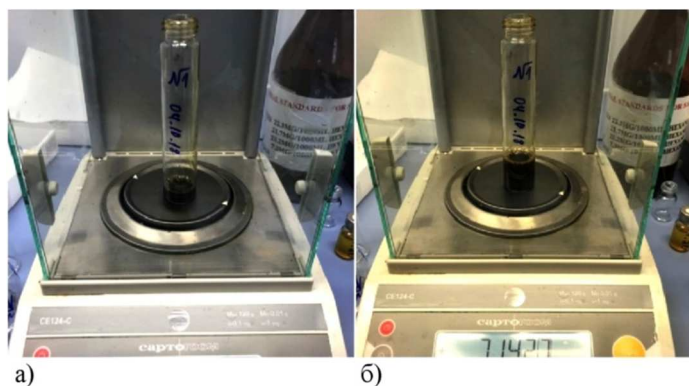


Рисунок 7 – Результаты взвешивания пробы № 1

Выводы

Поставленная лаборатории геохимических исследований задача по основным критериям была достигнута, что продемонстрировало оперативность и простоту выполнения лабораторных работ на уровне молекулярной генетики. Определение соотношения двух источников загрязнения по первой пробе, в которой для усложнения задачи была использована смесь двух источников загрязнения, также было выполнено с небольшим допустимым отклонением.

Как было указано выше, фингерпринтинг нефти можно выполнять с использованием анализа множества параметров и изучать результаты более детально, для получения результатов с высокой степенью достоверности. Данная работа демонстрирует, что геохимию нефти можно использовать не только при бассейновом моделировании нефтематеринских пород, при контроле за разработкой нефтяных залежей (правильный учет добычи по горизонтам, выбора подчетных объектов и правильный учет их выработки, определение цельности эксплуатационных колонн, определение наличия экранирующих разломов, определение кандидатур добывающих скважин для перевода под нагнетание, уточнения геологической и гидродинамической модели залежи и т.д.), но и для решения вопросов осложнений при разработке морских проектов, в том числе и для экологического контроля.



Данный подход имеет уникальность и инновационный характер на территории РК и свое время отличается низкой себестоимостью, что позволяет создать базу данных практически по всем месторождениям РК и месторождениям акватории Каспийского моря для решения спорных задач на межгосударственном уровне, а самое главное, это его оперативность.

Литература:

1. Морские проекты Казахстана // Журнал «Нефтегазовая Вертикаль». – 2011. – № 18. – С. 58–63.
2. Сулейманов Б.А., Байрамов М.М., Мамедов М.Р. О влиянии скин-эффекта на дебит нефтяных скважин // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2004. – № 8. – С. 68–70.
3. Сулейманов Б.А. О фильтрации дисперсных систем в неоднородной пористой среде // Коллоидный журнал. – 1995. – № 57 (5). – С. 743–746.
4. Comparative analysis of the EOR mechanisms by using low salinity and low hardness alkaline water / B.A. Suleimanov [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2018. – № 162. – P. 35–43.
5. Selection methodology for screening evaluation of EOR methods / B.A. Suleimanov [et al.] // Petroleum Science and Technology. – 2016. – № 34 (10). – P. 961–970.
6. Сулейманов Б.А. Промывка песчаной пробки газированными жидкостями // SOCAR Proceedings, 2011. – № 1. – С. 30–36.
7. Сулейманов Б.А. Теоретические и практические основы применения гетерогенных систем для повышения эффективности технологических процессов в нефтедобыче // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Баку : АГНА, 1997.
8. О влиянии наночастиц на прочность полимерных гелей, применяемых в нефтедобыче / Б.А. Сулейманов [и др.] // SOCAR Proceedings, 2013. – № 2. – С. 24–28.
9. Панахов Г.М., Сулейманов Б.А. Особенности течения суспензий и нефтяных дисперсных систем // Коллоидный журнал. – 1995. – № 57 (3). – С. 386–390.
10. Screening evaluation of EOR methods based on fuzzy logic and Bayesian inference mechanisms / B.A. Suleimanov [et al.] // SPE-182044-MS. In SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers. – 2016.
11. Peters K.E., Walters C.C., Moldowan J.M. The biomarker guide // Biomarkers and isotopes in the petroleum exploration and earth history. Cambridge University Press, 2005. – Vol. 2.
12. Seitkhaziyev Y. Use of GCMSMS for obtaining geochemical biomarker information from crude oils compared with conventional GCMS methodology. – UK : Newcastle University, 2012.

References:

1. Maritime projects of Kazakhstan // Journal «Neftegazovaya Vertikal». – 2011. – № 18. – P. 58–63.
2. Suleymanov B.A., Bayramov M.M., Mamedov M.R. On influence of skin effect on oil wells flow rate // Geology, geophysics and development of oil and gas fields. – 2004. – № 8. – P. 68–70.
3. Suleymanov B.A. About filtration of disperse systems in inhomogeneous porous medium // Colloidal journal. – 1995. – № 57 (5). – P. 743–746.
4. Comparative analysis of the EOR mechanisms by using low salinity and low hardness alkaline water / B.A. Suleimanov [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2018. – № 162. – P. 35–43.
5. Selection methodology for screening evaluation of EOR methods / B.A. Suleimanov [et al.] // Petroleum Science and Technology. – 2016. – № 34 (10). – P. 961–970.
6. Suleymanov B.A. Flushing of sand plug with carbonated liquids // SOCAR Proceedings, 2011. – № 1. – P. 30–36.
7. Suleymanov B.A. Theoretical and practical bases of application of heterogeneous systems to increase the efficiency of technological processes in oil production // Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. – Баку : AGNA, 1997.
8. On the influence of nanoparticles on the strength of polymer gels used in oil production / B.A. Suleymanov [et al.] // SOCAR Proceedings, 2013. – № 2. – P. 24–28.
9. Panakhov G.M., Suleymanov B.A. Features of the flow of suspensions and oil dispersed systems // Colloidal Journal. – 1995. – № 57 (3). – P. 386–390.
10. Screening evaluation of EOR methods based on fuzzy logic and Bayesian inference mechanisms / B.A. Suleimanov [et al.] // SPE-182044-MS. In SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers. – 2016.
11. Peters K.E., Walters C.C., Moldowan J.M. The biomarker guide // Biomarkers and isotopes in the petroleum exploration and earth history. Cambridge University Press, 2005. – Vol. 2.
12. Seitkhaziyev Y. Use of GCMSMS for obtaining geochemical biomarker information from crude oils compared with conventional GCMS methodology. – UK : Newcastle University, 2012.



УДК 665.64: 66.097.6+66.097.38

ПРОМОТИРОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРА РИФОРМИНГА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ОБРАЗУЮЩИХСЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ КАТАЛИЗАТОРА

PROMOTING OF A REFORMING CATALYST TO REDUCE THE AMOUNT OF POLLUTANTS GENERATED DURING CATALYST REGENERATION

Струева Виктория Андреевна

студентка направления подготовки
18.03.01 «Химическая технология»,
Кубанский государственный технологический университет
struevica@mail.ru

Литвинова Татьяна Андреевна

кандидат технических наук,
доцент кафедры технологии нефти и газа,
Кубанский государственный технологический университет
soleado-sta@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена изучению промотирования катализатора риформинга как наилучшего доступного метода по снижению количества загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу при регенерации катализатора. В настоящее время серьезной проблемой являются выбросы в атмосферу таких чрезвычайно опасных компонентов, как полихлорированные дибензопарадиоксины и дибензолфураны, возможность минимизации которых – актуальная задача современной нефтепереработки и нефтехимии.

Ключевые слова: риформинг, бифункциональный катализатор, промотирование, промотор, диоксины, снижение выбросов, наилучшие доступные технологии.

Strueva Victoria Andreevna

Student,
Training Programs 18.03.01
Chemical Engineering,
Kuban State Technological University
struevica@mail.ru

Litvinova Tatiana Andreevna

Cand.Tech.Sci,
Associate Professor of the
Department of Oil and Gas Technology,
Kuban State Technological University
soleado-sta@mail.ru

Annotation. This article is devoted to the study of reforming catalyst promotion as the best available method to reduce the amount of pollutants entering the atmosphere during the catalyst regeneration stage. Currently, a serious problem is the reducing such extremely hazardous emissions of PCDD and PCDF into the atmosphere. The possibility of their minimisation is the most important task of modern oil refining and petrochemistry.

Keywords: reforming, bifunctional catalyst, promotion, promoter, dioxins, reducing emissions, BAT.

В настоящее время серьезной проблемой в процессе каталитического риформинга является поступление в атмосферу чрезвычайно опасных выбросов полихлорированных дибензопарадиоксинов (ПХДД) и дибензолфуранов (ПХДФ), источником которых является стадия регенерации катализатора. Перечисленные выбросы входят в большую группу диоксинов и диоксиноподобных соединений и являются супертоксикантами, универсальными клеточными ядами, поражающими все живое. Сроки разрушения диоксинов превышают десятки лет. Поражение человека осуществляется путем поступления диоксинов через желудочно-кишечный тракт в организм. Кроме того, происходит поражение легких и иммунной системы в целом, что в дальнейшем может привести к возникновению раковых заболеваний, а также ряда других серьезных проблем со здоровьем. Явным примером служит специфическое заболевание – хлоракне, которое характеризуется ороговением кожи, нарушением пигментации, изменением порфиринового обмена в организме, избыточной волосатостью. Данное заболевание также является последствием поражения организма диоксинами. Для образования диоксинов необходимо три основных условия: присутствие ароматических, либо ненасыщенных углеводородов, связанного хлора и сравнительно высокой температуры (порядка 500–1300 °С). Сжигание хлорорганических соединений образует благоприятную среду для получения диоксинов [1].

Одной из наилучших доступных технологий (НДТ) по снижению выбросов в атмосферу от установок каталитического риформинга, а также увеличению выхода высокооктановых бензинов является промотирование катализаторов [2].

Промотирование – процесс введения микродобавок (промоторов) непосредственно в сам катализатор, позволяющий улучшить такие важные свойства, как активность, селективность и стабильность катализатора. Промоторы вступают с основным катализатором в химическое взаимодействие, образуя на поверхности каталитически высокоактивные соединения. Кроме того, промоторы могут влиять на электронное состояние АЦ, а также повышать дисперсность или стабилизировать пористую и кристаллическую структуру катализатора.



Процесс каталитического риформинга осуществляют на бифункциональных алюмоплатиновых катализаторах, сочетающих кислотную и гидрирующе-дегидрирующую функции. За кислотную функцию отвечает матрица катализатора – активный оксид алюминия $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Кислотные свойства важны для инициирования реакций изомеризации алканов и гидроизомеризации пятичленных циклоалканов в шестичленные. Платина, как активный компонент катализатора риформинга, отвечает за гидрирующе-дегидрирующую функцию, которая способствует формированию аренов и гидрированию промежуточных алкенов. Кроме того, платина замедляет процесс коксообразования на поверхности катализатора. Ее содержание колеблется от 0,3 до 0,7 % масс. Если содержание платины меньше данного предела, то происходит понижение стабильности и устойчивости катализатора к действию ядов. Если содержание платины больше указанного предела, это характеризуется значительным ускорением реакций деметилирования, раскрытия нафтеновых колец. Еще одним важным условием считается дисперсность платины на поверхности носителя, так как с ее увеличением повышается активность катализатора.

В качестве промоторов выступают:

– Металлы VIII ряда: рений и иридий, известные равно как катализаторы гидродегидрогенизации и гидрогенолиза.

– Металлы, почти неактивные в реакциях риформинга, подобные, как германий, олово и свинец (IV группа), галлий, индий и редкоземельные элементы (III группа) и кадмий (из II группы).

Добавки Cr и W , резко повышает долю процессов изомеризации, дегидрирования, циклизации и слабо изменяет гидрокрекирующую и ароматизирующую функции катализатора. Добавление Cd к катализатору оказывает влияние на количество хемосорбированного водорода. Для усиления и регулирования кислотной функции носителя в состав катализатора вводят галоген: фтор или хлор. Чаще всего используют именно хлор, являющийся подвижным промотором, он слабо связан с поверхностью носителя и легко замещается гидроксилами воды. Это позволяет регулировать уровень кислотности. Оптимальное количество хлора, как правило, находится в пределах от 0,4–0,5–2 % масс. [3].

К современным методам промотирования катализаторов риформинга для снижения выбросов ПХДД и ПХДФ в атмосферу относят:

1) Использование полиметаллических катализаторов риформинга, легированных фосфором и лантаном. Катализаторы данного типа в своем составе содержат:

– благородный металл (Pt , Pd) от 0,1 до 0,8 мас.% от массы катализатора;

– фосфор (P) от 0,4 до 0,8 мас.% и олово (Sn) от 0,1 до 1 мас.% от массы катализатора;

– промотор, в качестве которого выступают металлы с атомными номерами 57-71: лантан, церий, празеодим, неодим, прометий, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, таллий, иттербий и лютеций от 0,02 до 0,3 % масс. от массы катализатора. А также группы IA, IIA, IIIA (в частности, индий), IVA (в частности, германий) и VA периодической системы, кобальт, никель, железо, вольфрам, молибден, хром, висмут, сурьму, цинк, кадмий и медь. 0,05 до 1 мас.% от массы катализатора.

Метод приготовления катализаторов данного типа напрямую влияет на такие важные свойства, как активность, селективность и стабильность катализатора.

Сочетание промотора фосфора и хотя бы одного элемента из группы лантаноидов, в особенности церия, в конечном итоге создает катализатор с наиболее высокими показателями селективности и стабильности, чем это было у катализаторов предыдущего уровня, которые содержали в своем составе лишь один из этих промоторов, или чем у катализаторов предыдущего уровня, включающих в себя сразу два промотора в слишком низком или слишком высоком количестве. Причем сам катализатор, содержащий в своем составе благородный металл и олово, в совокупности с промотором, содержание которого определено на катализаторе, как раз и становится причиной повышения вышеперечисленных свойств катализатора риформинга.

Катализатор с составом $\text{CePt} / \text{Al}_2\text{O}_3$ - Sn-P 0.8 -Cl обладает самыми лучшими показателями по вышеперечисленным свойствам [4].

2) Использование цеолитсодержащих катализаторов риформинга.

В качестве цеолита используют кристаллический ферроалюмосиликат или феррогаллийалюмосиликат со структурой: ZSM-5 и ZSM-11. По сравнению с алюмосиликатной системой введение в кристаллический каркас цеолита на стадии его гидротермального синтеза атомов Fe или Fe и Ga, при синтезе ферроалюмосиликата или феррогаллийалюмосиликата, способствует возникновению в объеме их кристаллов активных центров, повышающих скорость реакции сжигания катализаторного кокса. В процессе регенерации катализатора происходит снижение температуры с 600 °C до 550 °C, а также увеличение глубины выжигания кокса, в результате чего уменьшается общее время регенерации. Это способствует снижению выбросов ПХДД и ПХДФ в атмосферу, а также повышению выхода ароматических углеводородов и октанового числа получаемой бензиновой фракции [5].

Выводы: В работе рассмотрены различные современные методы промотирования катализаторов, которые, в соответствии с ИТС [2], являются одними из наилучших доступных технологий (НДТ)



по снижению выбросов в атмосферу от установок каталитического риформинга. Регенерация катализатора является основным источником возникновения выбросов ПХДД и ПХДФ. Промотирование противодействует спеканию частиц металла, приводящему к закоксованности катализатора, процесс регенерации которого является основной причиной возникновения данных выбросов. С целью дальнейшего совершенствования и повышения эффективности процесса риформинга продолжают работы по развитию научных представлений о природе активных центров катализаторов риформинга. Кроме того, из года в год патентуются технологии, несущие в себе новые технические решения, позволяющие решить проблему выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Литература:

1. Gas-particle partitioning of PCDD/Fs in daily air samples / R. Lohmann [et al.] // Atmospheric Environ. – 2000. – Vol. 34. – Iss. 16. – P. 2529–2537.
2. ИТС 30-2017 Информационно-технический справочник по наилучшим технологиям // Переработка нефти, утв. приказом Росстандарта от 14.11.2017 г. № 2424.
3. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов. – Уфа : Гилем, 2002. – С. 528–553.
4. Полиметаллический катализатор, легированный фосфором и лантаноидом: пат. 2720998 Рос. Федерация; 2018106495; заявл. 06.07.2016; опубл 5.05.2020. Бюл. № 14.
5. Способ риформинга бензиновых фракций: пат. 2672882 Рос. Федерация; 2018128105; заявл. 30.07.2018; опубл 20.11.2018. Бюл. № 32.

References:

1. Gas-particle partitioning of PCDD/Fs in daily air samples / R. Lohmann [et al.] // Atmospheric Environ. – 2000. – Vol. 34. – Iss. 16. – P. 2529–2537.
2. ITS 30-2017 Information and Technical Reference Book on the Best Technologies // Oil Refining, approved by Order of Rosstandart of 14.11.2017 № 2424.
3. Akhmetov S.A. Technology of deep oil and gas refining: Textbook for universities. – Ufa : Gi-lem, 2002. – P. 528–553.
4. Polymetallic catalyst doped with phosphorus and lanthanide: Pat. 2720998 Ros. Federation; 2018106495; application. 06.07.2016; publ. 5.05.2020. Bul. № 14.
5. Method for reforming gasoline fractions: Pat. 2672882 Ros. Federation; 2018128105; application. 30.07.2018; publ. 20.11.2018. Bulletin № 32.



УДК: 53.06

ОЧИСТКА МАСЛОНЕФТЕСОДЕРЖАЩЕЙ ВОДЫ И СБРОС ЕЁ В МОРЕ КАК СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ БАЛЛАСТНОЙ ВОДЫ НА ЛЕДОСТОЙКОЙ СТАЦИОНАРНОЙ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПЛАТФОРМЕ

PURIFICATION OF OIL-CONTAINING WATER AND ITS DISCHARGE INTO THE SEA AS A METHOD OF DISPOSAL OF BALLAST WATER ON AN ICE-RESISTANT STATIONARY OIL AND GAS PRODUCTION PLATFORM

Хуснутдинов Ленар Зульфатович

преподаватель
кафедры разработки газовых и
нефтегазоконденсатных месторождений,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
lzhkh1177@mail.ru

Khusnutdinov Lenar Zulfatovich

Lecturer,
Department of Development of Gas and
Oil and Gas Condensate Fields,
Ufa State Petroleum Technical University
lzhkh1177@mail.ru

Аннотация. На одной из нефтедобывающих морских ледостойких стационарных платформ возникла проблема утилизации балластных вод в связи с тем, что качество очистки не позволяет закачивать их в пласт для поддержания пластового давления из-за наличия ила. На платформе действует декларация нулевого сброса и существует система «мокрого» хранения добытой нефти. Одним из способов решения возникшей проблемы утилизации воды предлагается пересмотр принятых решений и сброс нефтесодержащей жидкости в море с предварительной очисткой до предельно допустимых концентраций.

Ключевые слова: балластная вода, маслонефтесодержащая вода, морская платформа, утилизация воды, нулевой сброс, мокрое хранение.

Annotation. On one of the offshore ice-resistant stationary platforms, a problem arose of utilizing ballast water due to the fact that the quality of treatment does not allow pumping it into the reservoir to maintain reservoir pressure due to the presence of silt. The platform has a zero discharge declaration and a wet storage system for produced oil. One of the ways to solve the problem of water utilization is the revision of the decisions made and the discharge of oily liquid into the sea with preliminary treatment to maximum permissible concentrations.

Keywords: ballast water, oil-containing water, offshore platform, water utilization, zero discharge, wet storage.

Разработка и эксплуатация одного из нефтяного месторождения на шельфе производится с морской ледостойкой нефтегазодобывающей стационарной платформы (МЛСП). Действующий фонд скважин составляет 24 скважины, из которых 14 добывающих, 8 нагнетательных, пробурена одна специальная шламовая, ведется бурение 15-ой нагнетательной скважины.

Проект строительства и эксплуатации платформы основан на декларации «нулевого сброса в море», согласно которой все отходы и стоки перерабатываются, очищаются и закачиваются в систему поддержания пластового давления (ППД). Также особенностью МЛСП является то, что на платформе осуществлена система «мокрого» хранения нефти, при которой нефть в резервуарах – танках-хранилищах находится в контакте с балластной водой так, что в резервуаре отсутствует газовая прослойка. В качестве балластной воды используется морская заборная вода. Нефть, подаваемая в танки, вытесняет балластную воду, изначально заполнявшую их. Таким образом, при хранении нефти на платформе минимизируются риски по части пожарной безопасности. По мере того как нефть заполняет танк, вода из него вытесняется и подается через систему очистки маслонефтесодержащей воды в нагнетательные скважины.

Система «мокрого» хранения добытой нефти предполагает, что утилизацию объема балластной воды, равного объёму добытой и закаченной в танки хранения нефти. Балластная вода направляется в систему ППД при условии подготовки её до нормативных показателей. В начале эксплуатации месторождения, когда не было пробурено скважин ППД, балластную воду отгружали на специально арендованный танкер для очистки и утилизации её на береговом терминале.

Балластная вода – основной поток масло/нефтесодержащей воды откачивается из ёмкостей хранения нефти по мере добычи и закачки нефти в ёмкости хранения на установку первичной очистки МНСВ. Система очистки масло / нефтесодержащей воды (МНСВ) входит во вспомогательный комплекс МЛСП и предназначена для удаления масло/нефтесодержащих компонентов из воды, подготовливаемой для закачки в пласт с целью ППД. На очистку поступает МНСВ от следующего оборудования: балластная вода из ёмкостей хранения нефти; вода из уравнительного резервуара промысловой воды; загрязненная вода от обратной промывки фильтров тонкой очистки; МНСВ из ёмкостей си-



стем опасных открытых стоков и безопасных открытых стоков; нефтесодержащая вода от гидроциклона сепарации твердой фазы; забортная вода.

Система очистки МНСВ расположена на кессоне, промпалубе и главной палубе, – громоздкая, поэтому управление системой полностью в автоматическом режиме не представляется возможным.

Важно постоянно соблюдать баланс объема добытой нефти и объема закачки в пласт воды, вытесненной с танков. Закачиваемой воды для поддержания пластового давления должно быть никак не меньше. Также приемистость скважин ППД должна быть всегда больше объема поступающей нефти в танки хранения. Но, как показала практика эксплуатации месторождения, постоянно соблюдать последнее условие невозможно. Также выявлено, что необходима буферная ёмкость, которой стал один из 12-ти нефтяных танков-хранилищ кессона в основании МЛСП, на случай нештатной ситуации в системе закачки воды в пласт, например, выхода из строя насосов, неполадки электрических трансформаторов, пр. Чтобы не останавливать добычу нефти, пока устраняются неполадки и запускают систему ППД в работу, вытесненную воду можно копить в этом буферном танке.

В процессе эксплуатации МЛСП в балластной воде после системы очистки МНСВ были обнаружены мехпримеси. В отобранной пробе воды наблюдалось выпадение осадка, полностью покрывавшего дно колбы. Лабораторный анализ этой воды показал, что осадок представляет собой ил: проба, отобранная после фильтра тонкой очистки, содержит только органические остатки водорослей.

Наличие ила в балластной воде после системы очистки МНСВ не позволяет использовать её для закачки в пласт для ППД. Поэтому балластную воду с целью её утилизации стали закачивать в шламовую скважину.

Так как утилизация суспензии шлама происходит одновременно с буровым раствором, то этот процесс препятствует работе буровой бригады и получились накладки с закачкой в шламовую скважину, поэтому утилизация балластной воды в шламовую скважину не выполняма.

В связи с тем, что оставшийся ил в воде собирается в фильтрах тонкой очистки в большом количестве, было решено выполнять промывку загрязненных фильтров. Эти фильтры очищаются от ила обратной промывкой и снова попадают в систему МНСВ. Количество ила в воде превышает то количество, при котором система очистки воды может работать в штатном режиме. Повторное засорение приводит к более частой промывке фильтров тонкой очистки – до 10 раз в сутки.

Так как очистное сооружение не справляется с задачей очистки балластной воды, предлагается следующее решение. Балластную воду можно отгружать на арендованный танкер для утилизации на берегу. Но это дорогостоящее мероприятие. Поэтому предлагается установить дополнительные фильтры и сбрасывать очищенную до предельно допустимых концентраций воду в море [1–4].

По истечении 6-ти летней эксплуатации месторождения и появления технологических проблем стало понятно, что декларацию «нулевого сброса в море» не стоит применять в дальнейшем на новых ледостойких морских стационарных платформах.

Литература:

1. Гусейнов Ч.С., Иванец В.К., Иванец Д.В. Обустройство морских нефтегазовых месторождений: Уч.для вузов. – М. : «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – 608 с.
2. Мирзоев, Д.А. Основы морского нефтегазового дела [Электронный ресурс]: учебник в 2-х томах // Обустройство и эксплуатация морских нефтегазовых месторождений. – М. : Изд. центр РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2014. – Т. 1. – 272 с.
3. Мугатабарова А.А. Влияние смачиваемости карбонатных коллекторов на приемистость скважин при снижении пластовой температуры // Нефтегазовое дело. – 2018. – Т. 16. – № 4. – С. 25–30. – URL : <http://ngdelo.ru/article/view/9521> (дата обращения: 05.03.21).
4. Оценка влияния состава добываемых сред и эксплуатационных условий на коррозию газопромыслового оборудования / В.В. Полников [и др.] // Научно-технич. журнал «Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов». – URL : <http://ntj-oil.ru/files/ntj/2020/1/ntj-1-2020-p81-94.pdf> (дата обращения: 05.03.21).

References:

1. Huseynov CS, Ivanets V.K., Ivanets D.V. Development of offshore oil and gas fields: Tutorial for universities. – M. : Oil and Gas Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkin, 2003. – 608 p.
2. Mirzoev D.A. Fundamentals of offshore oil and gas business [Electronic resource]: textbook in 2 volumes // Training and operation of offshore oil and gas fields. – M. : Gubkin Russian State University of Oil and Gas Publishing Center, 2014. – Vol. 1. – 272 p.
3. Mugatabarova A.A. Influence of wettability of carbonate reservoirs on injectivity of wells with decreasing formation temperature // Oil and Gas Business. – 2018. – Vol. 16. – № 4. – P. 25–30. – URL : <http://ngdelo.ru/article/view/9521> (date of reference: 05.03.21).
4. Assessment of the influence of the composition of produced media and operating conditions on the corrosion of gas field equipment / V.V. Polnikov [et al.] // Scientific and Technical Journal «Problems of gathering, preparation and transport of oil and oil products». – URL : <http://ntj-oil.ru/files/ntj/2020/1/ntj-1-2020-p81-94.pdf> (date of reference: 05.03.21).



УДК 665.66: 621.318

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ ОТ СЕРЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

ADVANCED TECHNOLOGIES FOR THE PURIFICATION OF PETROLEUM PRODUCTS FROM SULFUR USING ELECTROMAGNETIC FIELDS

Шершнева Виктория Алексеевна

студентка направления подготовки
18.03.01 «Химическая технология»,
Кубанский государственный технологический университет
shershneva-2001@bk.ru

Литвинова Татьяна Андреевна

кандидат технических наук,
доцент кафедры технологии нефти и газа,
Кубанский государственный технологический университет
soleado-sta@mail.ru

Аннотация. В данной статье проведен анализ современных технологий обессеривания нефтепродуктов, охарактеризованы особенности воздействия электромагнитных полей на углеводородные системы и показана эффективность применения электромагнитной обработки углеводородов для снижения содержания серы.

Ключевые слова: нефтепродукты, показатели качества, серосодержащие соединения, обессеривание, электромагнитная обработка

Shershneva Victoria Alexeevna

Student,
Training Programs 18.03.01
Chemical Engineering,
Kuban State Technological University
shershneva-2001@bk.ru

Litvinova Tatiana Andreevna

Cand.Tech.Sci,
Associate Professor of the
Department of Oil and Gas Technology,
Kuban State Technological University
soleado-sta@mail.ru

Annotation. In this article it's analyzed modern technologies of petroleum products desulfurization, it's described the features of the impact of electromagnetic fields on hydrocarbon systems, and it's shown the effectiveness of the use of hydrocarbons electromagnetic treatment to reduce the sulfur componentst.

Keywords: petroleum products, quality indicators, sulfur-containing compounds, desulfurization, electromagnetic treatment.

Актуальность темы заключается в том, что в настоящее время дистилляты, получаемые в результате первичных и деструктивных процессов переработки нефти, представляют собой сложную смесь углеводородов и неуглеводородных примесей. Некоторые из этих соединений ухудшают эксплуатационные характеристики топлив и масел. Выделение из нефтяных фракций нежелательных составляющих осуществляется в процессах очистки, которые являются одной из важных заключительных стадий производства нефтепродуктов, во многом определяющих их качество. В результате очистки удаляется большая часть нежелательных примесей, и получают компоненты топлива, из которых при компаундировании готовят товарные нефтепродукты [1].

В РФ и мире действует система государственных стандартов на нефть и нефтепродукты. Так, в ГОСТ 4.25 [2] отражена номенклатура показателей качества нефтяных жидких топлив при постановке их на производство, а также при их аттестации. К основным группам этих показателей отнесены:

- показатели свойств (прокачиваемость, испаряемость, воспламеняемость, горючесть, способность к образованию отложений, противоизносные и защитные свойства и т.д.);
- экологические показатели (токсичность, загрязнение, пожароопасность);
- показатели сохраняемости (стабильность свойств, гарантия).

Стандартами устанавливается перечень и порядок назначения жидких нефтяных топлив:

- бензины (автомобильные и авиационные);
- газотурбинные топлива (авиационные, для реактивных двигателей, транспортных, стационарных и газотурбинных установок);
- дизельные топлива (для высокооборотных, среднеоборотных и малооборотных дизелей).

Исходя из требований к качеству нефтепродуктов с учетом экологических факторов, выделяют основные задачи научно-технического прогресса в нефтепереработке. В целом совершенствование и модернизация производственного потенциала отрасли требует разработки и внедрения эффективных процессов глубокой переработки нефти с получением моторных топлив, масел и другой продукции для обеспечения высоких потребительских и экологических свойств [1, 3].

Цель данной работы состоит в изучении способов и установок для очистки жидких углеводородов от серосодержащих соединений с использованием электромагнитных полей.

Различают следующие методы обессеривания нефтепродуктов: водородные, безводородные, а также волновые (рис. 1).



Рисунок 1 – Классификация методов обессеривания нефтепродуктов

К достоинствам волновых методов обессеривания можно отнести достаточно высокую эффективность и безреагентность. Дополнительно возможно комбинирование физических способов интенсификации очистки нефтепродуктов от серы с традиционными – путем добавления реагентов, добавок, нейтрализаторов, при этом потребление их будет значительно снижено.

Для выбора оптимальных технологий сероочистки жидких углеводородов с применением электромагнитных полей, а также обеспечения высокого технического уровня проведены патентные исследования. В результате определены требования к способам и устройствам магнитной обработки сырья для обессеривания и улучшения свойств готовой продукции, повышения экологической безопасности их эксплуатации. Выбрано 7 наиболее перспективных технологических решений по электромагнитному воздействию на углеводородные системы для извлечения серосодержащих соединений. Больше количество патентов относится к способам обработки жидких углеводородов и устройствам для их осуществления с целью улучшения технологических свойств, достигаемого за счет изменения структуры обрабатываемых углеводородов.

Анализ отобранных патентных документов показал следующие решаемые ими задачи и достигаемые технические результаты:

- улучшение качественных характеристик жидких углеводородов (снижение содержания серы, смол, повышение октанового числа);
- обеспечение экологической безопасности в процессе эксплуатации;
- создание дешевого способа очистки поступающего сырья от серы.

Рассмотрим запатентованный способ для сероочистки жидких углеводородов (патент РФ № 2 301 252 [4]). Предложенная установка (рис. 2) содержит емкость для обработки нефтепродуктов, системы подвода и отвода, устройство подогрева жидких углеводородов и возбудитель электромагнитных импульсов.

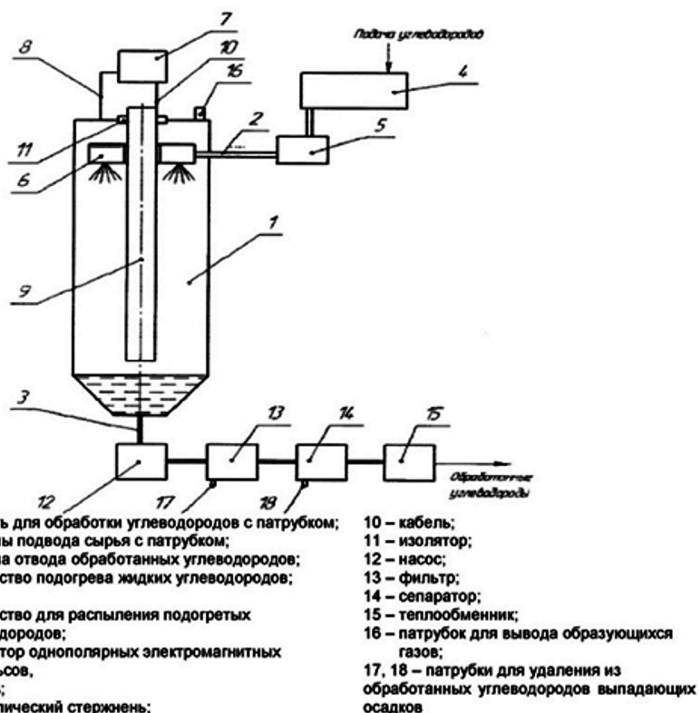


Рисунок 2 – Установка для очистки жидких углеводородов от серы



Возбудитель электромагнитных импульсов представляет собой генератор однополярных импульсов с излучателем. Импульсы создаются мощностью 1 МВт, длительностью менее 1 нс и частотой повторения не менее 1 кГц.

Установка предусматривает систему распыления нефтепродуктов, которая размещена внутри вертикальной цилиндрической емкости для обработки углеводородных систем. Система распыления выполнена в виде блока с форсунками, который соединен с системой подвода и устройством подогрева через насос. Система отвода обработанных жидких углеводородов состоит из насоса, фильтра, сепаратора и системы охлаждающе-теплообменника, соединенных последовательно.

На основании проведенного анализа установлено, что очистка нефтепродуктов от серосодержащих соединений с использованием электромагнитных полей эффективна и является перспективным направлением. Рассмотренные установки для осуществления обессеривания сырья обеспечивают упрощение технологии и конструкции средств очистки при повышении качества и производительности в непрерывном режиме.

Литература:

1. Виликович А.А. Окислительное обессеривание углеводородного сырья пероксидом водорода в присутствии солей переходных металлов // Нефтехимия, 2015. – С. 9–19.
2. ГОСТ 4.25-83 Межгосударственный стандарт. Система показателей качества продукции. Нефтепродукты. Топлива жидкие. Номенклатура показателей.
3. Очистка нефти и нефтепродуктов от серы. – URL : <http://him-apparat.ru/ochistka-nefti-i-nefteproduktov-ot-sery/> (дата обращения 25.03.2021).
4. Способ и установка для очистки жидких углеводородов от серы: Пат. 2 301 252 Рос. Федерация; 2005125320/04; заявл. 09.08.2005., опубл. 20.06.2007, Бюл.№ 17.

References:

1. Vilikovich A.A. Oxidative desulfurization of hydrocarbon raw materials by hydrogen peroxide in the presence of transition metal salts // Petrochemistry, 2015. – P. 9–19.
2. GOST 4.25-83 Interstate Standard. System of Quality Indicators of Products. Petroleum products. Liquid fuels. Nomenclature of indices.
3. Purification of oil and petroleum products from sulfur. – URL : <http://him-apparat.ru/ochistka-nefti-i-nefteproduktov-ot-sery/> (accessed 25.03.2021).
4. Method and unit for purification of liquid hydrocarbons from sulfur: Pat. 2 301 252 Russian Federation. Federation; 2005125320/04; application. 09.08.2005, publ. 20.06.2007, Bulletin № 17.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ**

**TECHNICAL
AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS**



УДК 622.276

РЕЗУЛЬТАТЫ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ВНУТРИПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

RESULTS OF MAGNETOMETRIC SURVEY OF IN-FIELD PIPELINES

Галлямов Ильгиз Ихсанович

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры информационных технологий,
математики и естественных наук,
Филиал Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет в г.Октябрьском

Юсупова Лилия Фановна

ассистент кафедры информационных технологий,
математики и естественных наук,
Филиал Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет в г.Октябрьском

Аннотация. В статье обсуждаются результаты наших исследований магнитной съемки над трубопроводом. Подведены некоторые итоги и определены перспективы дальнейших исследований. Процессы диагностирования по разработанной технологии не оказывает отрицательного воздействия на экологию и поэтому не предусматривает специальных мер по охране окружающей среды.

Ключевые слова: магнитное поле, дефект, дисперсия магнитного поля, среднее значение магнитного поля, магнитоупругий, магнитомеханический эффекты.

Gallyamov Ilgiz Ikhsanovich

Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Professor Department of Information
Technologies, Mathematics and
Natural Sciences,
Ufa State Petroleum Technological University,
Branch of the University
in the City of Oktyabrsky

Yusupova Lilya Fanovna

Assistant Department of Information
Technologies, Mathematics and
Natural Sciences,
Ufa State Petroleum Technological University,
Branch of the University in
the City of Oktyabrsky

Annotation. The article discusses the results of our studies of magnetic survey over the pipeline. Some results were summed up and prospects for further research were determined. Diagnostic processes based on the developed technology do not have a negative impact on the environment and therefore do not provide for special measures to protect the environment.

Keywords: magnetic field, defect, variance of the magnetic field, the average value of the magnetic field, magneto-elastic, magneto-mechanical effects.

Недостатком РД 30-132-94 «Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке нефтепромысловых трубопроводов является необходимость шурфовки трубопровода через каждые 500 м и металлографическое обследование вскрытого участка, в результате которого получают информацию фрагментарную, связанную с большими трудовыми затратами. Следовательно необходимо вести работу, связанную с совершенствованием неразрушающего контроля и диагностики внутрипромысловых трубопроводов различного назначения и совершенствованию руководящего документа [4].

Известно, что для оценки технического состояния подземных трубопроводов можно использовать высокоточную магнитную съемку на поверхности земли над трубопроводом. Наши исследования в этой области позволяют подвести некоторые итоги и определить перспективы на будущее.

1. Описание деформируемых ферромагнетиков с феноменологической точки зрения. Ферромагнетизм, наблюдаемый на макроскопическом уровне, по своей сути является квантово-механическим явлением, поэтому для описания таких магнитных материалов нужно сформулировать эвристическую модель, учитывающую взаимодействия такого типа. При помощи этой модели можно дать описание на языке физики сплошных сред взаимодействий между континуумом решетки – носителем информации – и полем намагниченности. Последнее через понятие о гиромангнитном эффекте связано со спиновым континуумом. Действительно, так как с каждой отдельной частицей квантово-механическим образом связан магнитный момент атома и спин, а электроны дают преобладающий вклад в магнитный момент атома, то удобнее назвать континуум, непрерывным образом выражающий дискретное распределение отдельных спинов в реальном ферромагнитном теле, электронным спиновым континуумом. Таким образом, необходимы правые уравнения, описывающие континуум решетки – уравнения движения механики, а также уравнения, которые описывают электронный спиновый континуум. Это можно сделать, к примеру, на упругих материалах. Такие попытки предпринимались и они известны в литературе [2–4].



2. Вычисление магнитных аномалий, создаваемых намагниченными телами. Сведения о распределении магнитного поля на поверхности Земли служат ценным материалом для суждений о состоянии подземного объекта – трубопровода.

К настоящему времени разработаны способы вычислений напряженности поля в вертикальной плоскости ниже линии, на которой поле известно.

Последнее позволяет моделировать дефекты на поверхности трубы, рассчитывать вклады дефектов в измеряемое поле. Совпадение расчетных величин с измеренными позволяет прийти к выводу о реализации рассматриваемой модели, несовпадение – к рассмотрению новой модели.

Число моделей ограничено, они известны [5].

Аналитические решения прямой задачи осуществляются при упрощающих предположениях. Этот недостаток можно устранить путем учета спин-решеточных взаимодействий в деформируемой трубе, находящейся под механическим напряжением. Существующие методы отличаются друг от друга, по существу, только в форме элементарной аппроксимирующей ячейки и техническими особенностями построения алгоритмов и программ. Ограничившись в расчетах телами наиболее простых форм, мы получаем в пределах точности данного аппроксимирующего метода значения компонент магнитного поля [1].

Одним из факторов, приводящим к снижению надежности трубопроводов, является коррозионное повреждение наружных поверхностей трубопроводов вследствие нарушения изоляции и другим – эрозийное повреждение внутренних поверхностей трубопроводов вследствие межкристаллитной коррозии и гидродинамических ударов транспортируемого продукта, приводящих к потере металла в стенке трубы. Эти два повреждения трубопроводов, способствующих уменьшению толщины стенок трубопровода, при определенных условиях могут привести к трещинообразованию и разрыву металла.

Известно, что дефект на трубе является концентратором напряжений. Напряжения такого рода на ферромагнитном материале приводят к дополнительной намагниченности в области дефекта.

Для повышения эффективности определения дефектов в подземных трубопроводах неконтактным методом предлагается способ, включающий измерение над трубопроводом характеристик магнитного поля в процессе перемещения датчика вдоль трубопровода. Измеряют величину магнитной индукции в пунктах, отстоящих друг от друга на расстоянии от 0,25 – 0,5 м. Затем строят график зависимости величины магнитной индукции от координат трубопровода и находят средние значения величины магнитной индукции для выбранного участка, затем определяют величины среднеквадратичных отклонений и выделяют области, где величины значений индукции магнитного поля равны или превышают удвоенное значение величины среднеквадратичных отклонений. Выделенные на графике области определяют на местности, раскапывают эти участки и осуществляют визуально-измерительный контроль с использованием ультразвуковых толщиномеров или вихретоковых дефектоскопов. Средние значения величин магнитной индукции определяют для участка длиной не более 250 м.

Сущность технологии будет понятна из нижеследующего описания и графического материала. На рисунке 1 изображено изменение величины магнитной индукции вдоль трубопровода. Метод реализуется следующим образом.

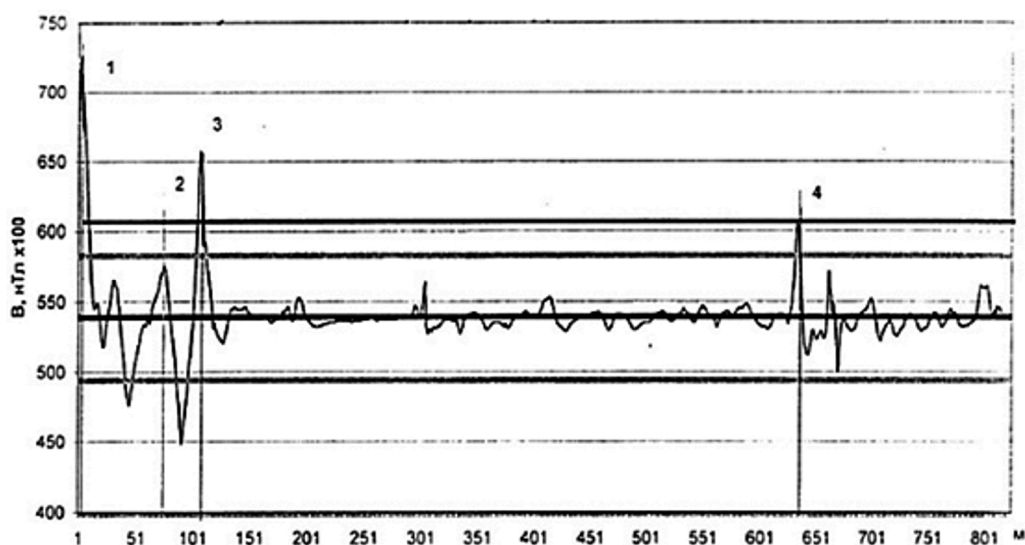


Рисунок 1 – Эюра магнитометрического диагностирования

- 1, 3 – недопустимые дефекты, требуется шурфовка и проведение диагностирования (дефектоскопия, толщинометрия); 2 – дефект допустимый (в начальной стадии); 4 – дефект близко к критическому, требуется шурфовка



На местности вдоль трубопровода осуществляют измерение магнитной индукции на пунктах, отстоящих друг от друга на расстоянии от 0,25–0,5 м. Для проведения измерений используется магнитометр. Как правило, положение трубопровода на местности известно. В случае отсутствия такой информации магнитометр используется в качестве трассоискателя и предварительно определяют положение трубопровода на местности. На рисунке 1 представлен в качестве примера результат магнитной съемки трубопровода и на десятом пикете обнаружена аномалия, выходящая за пределы среднее значение плюс два среднеквадратичных отклонения, что является свидетельством наличия дефекта на трубе. Провели раскопку трубы и обнаружили дефект, приведенный на рисунке 2.

Предлагаемый способ обнаружения дефектов неконтактный, сплошности стенок трубопровода неразрушающий, не требует выполнения земляных работ при измерении, снижает трудовые затраты на выполнение измерений имеет перспективы осуществления высокого уровня автоматизации, позволяет документировать результаты измерений, строить базу данных на основе которой можно построить систему оценки сплошности стенок трубопровода. Способ применим как для «черных» труб, так и для металлополимерных, залегающих в земле на глубине до 3 метров [9–10].



Рисунок 2 – Демонстрация обнаруженного дефекта

3. Прямая и обратная задачи математической физики в магниторазведке. Математическая теория намагниченных тел рассматривает решение двух основных задач [11].

3.1. Определение магнитного поля, создаваемого намагниченным телом заданной формы, объема и характера намагничивания.

3.2. Определение формы, размеров, положения в пространстве и характера намагничивания тела по данным измерения магнитного поля, связанного с намагниченностью этого тела.

Прямая задача (1) в силу известных свойств потенциала и его производных всегда имеет единственное и однозначное решение. Обратная задача (2) в общем случае однозначного решения не имеет, то есть, теоретически можно найти множество различных источников, создающих во внешнем пространстве одно и то же магнитное поле. Однако, решение обратной задачи, в принципе позволяет установить расчетным путем линейные размеры дефекта.

4. Графические способы.

Разработка методики нахождения вертикальной составляющей магнитного поля и его абсолютного значения, создаваемых телами, приближающимися по форме к реальным, привела к построению специальных палеток, позволяющих графически определить величины составляющих индукции магнитного поля в отдельных точках профиля, что позволяет ранжировать дефекты через значения характеристик магнитного поля вблизи подземного трубопровода.

5. Аппаратура.

Исследование магнитного поля можно осуществить с помощью шаговых магнитометров, работа которых основана на использовании датчиков в основе работы которых лежат явления ядерного магнитного резонанса на протонах и эффект Оверхаузера [4]. Их широкое использование до недавнего времени задерживалось низким уровнем автоматизации вычислительных процессов, ввода и вывода информации, экспрессности. На сегодняшний день частично эти проблемы решены. Поэтому возникла возможность разработать и внедрить технологию диагностирования промышленных трубопроводов,



в основе которой лежит исследование магнитных полей рассеяния вблизи подземных трубопроводов. Назначение технологии будет заключаться в определении неоднородностей магнитного поля вблизи трубопровода, через которые проявляются напряженно-деформированные состояния и зоны концентрации напряжения – основные источники развития повреждений коррозионного характера при эксплуатации трубопровода. Осуществить контроль эволюции сварных соединений трубопроводов. Необходимо повысить информативность, скорость диагностирования, сокращение объемов работы и материальных затрат, осуществляя комплексирование с визуально-измерительным контролем, что позволит определять координаты критических дефектов и тем самым реализовать предупреждение порывов трубопроводов, своевременно осуществив планово-предупредительные ремонтные мероприятия. Областью применения разрабатываемой технологии являются трубопроводы систем сбора и внутрипромыслового транспорта нефти, газа и воды нефтяных месторождений [5–6].

Технические требования к использованию и проведению диагностики промысловых трубопроводов основываются на применении специальных приборов – магнитометров для высокоточных измерений, прошедшие государственную поверку. Технические требования к используемым магнитометрам следующие:

- диапазон измерения 20000–100000 нТл;
- датчик с регистрирующим устройством и с аналого-цифровым преобразователем;
- блок памяти;
- жидкокристаллический дисплей;
- навигатор, обеспечивающий регистрацию GPS (Global Position System). Требования к программному обеспечению:

- возможность создавать файл данных съемки с привязкой к данным GPS;
- обработка и вывод данных на печать в текстовом и графическом режимах.

Прибор должен быть выполнен в полевом исполнении для работы в диапазоне температур 10–40 С.

При проведении работ по разрабатываемой технологии следует руководствоваться требованиями:

ПБ 08-624-03 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности», утвержденные постановлением Госгортехнадзора России от 05.06.03 № 56;

инструкциями по эксплуатации используемых приборов и требованиями техники безопасности.

Обеспечение безопасных условий труда в конкретных производственных процессах обеспечивается в порядке, установленном Трудовым кодексом Российской Федерации от 30.12.01 № 197-ФЗ.

Процесс диагностирования по разработанной технологии не оказывает отрицательного воздействия на экологию и поэтому не предусматривает специальных мер по охране окружающей среды.

Из изложенного следует, что предложенная технология удовлетворяет общей концепции [7] и интегрируется в систему технического диагностирования промысловых трубопроводов [8].

Литература:

1. Галлямов И.И., Зайдуллин А.И. Микромагнитные съемки околотрубного пространства – перспективный метод диагностики внутрипромысловых трубопроводов. // Научно-практический семинар. – Октябрьский : ОФ УГНТУ, 1998. – С. 162–167.
2. Галлямов И.И., Крылов А.А., Галлямов А.И. Опыт применения магнитной съемки на внутрипромысловых трубопроводах как способа технического диагностирования // Современные технологии нефтегазового дела: тез. докл. Всерос. научно-техн. конф. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 2007. – 97 с.
3. Галлямов И.И., Юсупова Л.Ф. Неразрушающий контроль и техническая диагностика внутрипромысловых подземных трубопроводов с поверхности земли // Современные технологии в нефтегазовом деле – 2014 : сборник трудов международной научно-технической конференции в 2-х т. / отв. ред. К.Т. Тынчеров. – Уфа : Аркаим, 2014. – Т. 2. – С. 80–87.
4. РД-39-132-94. Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке нефтепромысловых трубопроводов. – М. : НПО ОБТ, 1994.
5. Патон Б.Е., Недосека А.Я. Концепция технической диагностики трубопроводного транспорта // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 1992. – № 3. – С. 3–13.
6. Концепция развития системы технического диагностирования промысловых трубопроводов / А.Г. Гумеров [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2005. – № 1. – С. 78–83.
7. Галлямов И.И., Юсупова Л.Ф. Современное состояние магнитных съемок околотрубного пространства при диагностировании внутрипромысловых трубопроводов // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 4. – С. 36–39.
8. Галлямов И.И., Юсупова Л.Ф. Исследование электромагнитного поля вблизи скважины // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2020. – № 6 (563). – С. 37–40.
9. Галлямов И.И., Юсупова Л.Ф. Теоретические основы и некоторые приложения механики сплошных электромагнитных сред: монография. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 2017. – 128 с.
10. Галлямов И.И., Юсупова Л.Ф. Нелинейное намагничивание упругого ферромагнетика // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2016. – № 4. – С. 43–46.
11. Галлямов И.И., Юсупова Л.Ф. К вопросу о намагничивании упругого ферромагнетика // Современные технологии в нефтегазовом деле – 2016 : сборник трудов международной научно-технической конференции, посвященной 60-летию филиала в 2-х т. / отв. ред. В.Ш. Мухаметшин. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 2016. – Т. 2. – С. 212–216.

**References:**

1. Galliamov I.I., Zaidullin A.I. Micromagnetic surveys of near-pipe space – a promising method of diagnostics of intrafield pipelines. // Scientific-practical seminar. – October : Franz Joseph UGNTU, 1998. – P. 162–167.
2. Galliamov I.I., Krylov A.A., Galliamov A.I. Experience in application of magnetic survey in the inner-field pipelines as a technical diagnostic // Modern Technologies of Oil and Gas Business: Abstracts of All-Russian Scientific and Technical Conf. – Ufa : Publishing house of USPTU, 2007. – 97 p.
3. Galliamov I.I., Yusupova L.F. Nondestructive testing and technical diagnostics of in-field underground pipelines from the ground surface // Modern technologies in oil and gas business – 2014: collection of papers of the international scientific and technical conference in 2 volumes / ed. by K.T. Tyncherov. – Ufa : Arkaim, 2014. – Vol. 2. – P. 80–87.
4. RD-39-132-94. Rules for the exploitation, revision, repair and rejection of oilfield pipelines. – M. : SCIENTIFIC AND PRODUCTION ASSOCIATION «OBT», 1994.
5. Paton B.E., Nedoseka A.Y. Concept of technical diagnostics of pipeline transport // Technological diagnostics and nondestructive control. – 1992. – № 3. – P. 3–13.
6. Concept of development of technical diagnostics system of field pipelines / A.G. Gumerov [et al.]. – 2005. – № 1. – P. 78–83.
7. Gallyamov I.I., Yusupova L.F. Modern state of magnetic surveys of the near-pipe space at diagnosing of the in-field pipelines // Bulatov's readings. – 2020. – Vol. 4. – P. 36–39.
8. Galliamov I.I., Yusupova L.F. Investigation of electromagnetic field near the well // Automatization, telemechanization and communication in the oil industry. – 2020. – № 6 (563). – P. 37–40.
9. Galliamov I.I., Yusupova L.F. Theoretical foundations and some applications of continuum mechanics of electromagnetic media: monograph. – Ufa : UGNTU Publishing House, 2017. – 128 p.
10. Galliamov I.I., Yusupova L.F. Nonlinear magnetization of an elastic ferromagnet // Automatization, telemechanization and communication in the oil industry. – 2016. – № 4. – P. 43–46.
11. Galliamov I.I., Yusupova L.F. On the issue of magnetization of elastic ferromagnetism // Modern technologies in oil and gas business – 2016 : Proceedings of the international scientific and technical conference dedicated to the 60th anniversary of the branch in 2 volumes / ed. by V.S. Mukhametshin. – Ufa : Publishing house USNTU, 2016. – Vol. 2. – P. 212–216.



УДК 62-503.55

ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ СТРОКИ ОПИСАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЕ

FORMATION OF THE INFORMATION OF THE LINE OF THE DESCRIPTION OF THE TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR MECHANICAL PROCESSING IN THE TECHNOLOGICAL MAP

Гололобов Денис Владимирович

старший преподаватель,
кафедра «Стандартизация, сертификация и управление
качества производства нефтегазового оборудования»,
Российский государственный университет нефти и газа
(научно-исследовательский университет) имени И.М. Губкина
dgololobov@mail.ru

Новиков Олег Александрович

доктор технических наук, профессор,
кафедра «Стандартизация, сертификация и управление
качества производства нефтегазового оборудования»,
Российский государственный университет нефти и газа
(научно-исследовательский университет) имени И.М. Губкина,
институт машиноведения Российской академии наук
имени А.А. Благонравова,
лаборатория «Теория модульной технологии»
ведущий научный сотрудник
noviktechnolog@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается методика подхода формирования нормативно-справочного описания информации в системе комплексной автоматизации СКАТ, обработка данных внутри системы и формирование пользовательского меню. На основании вводимых табличных данных формирование данных в виде формулы записи информации в технологическом документе.

Ключевые слова: технологическая подготовка производства, технологическая документация, процесс, операция, таблицы соответствий и решений, система комплексной автоматизации, специализированный язык программирования, инструментальные средства описания, исходные данные, проектные задачи, модули проектных задач.

Введение

Разработка технологической документации (ТД) является неотъемлемой частью технологической подготовки (ЕСТПП) любого производства механической обработки (МО) деталей. Данное требование определяется действующей Единой Системой Технологической Документации (ЕСТД) [1]. В рамках современного производственного процесса, подготовка ведется с использованием вычислительной техники и различных программных пакетов, ориентированных на отдельные этапы организации процесса. Технологическую составляющую производственного этапа реализуют с помощью различных систем автоматического проектирования (САПР) и различных систем разработки управляющих программ для станков с числовым программным управлением (ЧПУ) типа Computer aided manufacturing (CAM). Встречаются также и смешанные системы, решающие большее количество задач по обоим направлениям. В таких системах используют различные подходы к формированию информационной базы, которая содержит необходимую справочно-нормативную информацию, которая используется для проектирования процессов. Основным направлением в работе с данными

Gololobov Denis Vladimirovich

Senior Lecturer,
Department of «Standardization, Certification and Quality Control, Quality Management of Oil and Gas Equipment Production»,
Russian State University of Oil and Gas
(Gubkin Russian State University of Oil and Gas)
dgololobov@mail.ru

Novikov Oleg Aleksandrovich

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Department of Standardization, Certification and Quality Management
Quality Management of Oil and Gas Equipment Production,
Russian State University of Oil and Gas
(research university)
named after I.M. Gubkin,
Institute of Mechanical Engineering of the Russian Academy of Science
named after A.A. Blagonravov,
Laboratory «Modular Technology Theory»
Principal Scientist
noviktechnolog@yandex.ru

Annotation. The article deals with the methodology of the approach to the formation of a standard reference description of information in the integrated automation system SCAT, data processing within the system and the formation of a user menu. On the basis of the entered tabular data, the formation of data in the form of a formula for recording information in a technological document.

Keywords: technological preparation of production, technological documentation, process, operation, tables of correspondences and solutions, complex automation system, specialized programming language, description tools, source data, project tasks, modules of project tasks.



системами служит использования различных баз данных (БД) и как следствие систем управления базами данных (СУБД). Основной проблемой в процессе использования СУБД является привязка управления к данным, которые закладываются в БД. На этапе проектирования САПР, в этом случае, разработчику необходимо сформировать изначальное представление БД, таким образом, чтобы подключить его к своему программному пакету. Таким образом, разработчик пытается учесть необходимость в той информации, для которой формируется БД. При работе такого САПР, пользователю-технологу не всегда такой подход удобен в его повседневной работе. Другим подходом в решении данной задачи, является возможность системы в адаптации к нуждам потребителя, т.е. инженера-технолога. В этом случае в систему закладываются инструментальные средства для самостоятельной возможности формирования тех данных, которые отвечают задачам конкретного производства. Одной из таких систем, является система комплексной автоматизации (СКАТ).

Методика

Основной особенностью данной системы является встроенный язык программирования, который позволяет описывать многократно повторяющиеся задачи проектирования, и производить описание справочно-нормативной информации силами технолога, в том виде, который будет являться приемлемым для конкретного производства [2]. Началом работы с системой является процесс адаптации ее к условиям работы в рамках конкретного производства, с учетом его особенностей. На этапе адаптации, в систему закладываются исходные данные об описываемом производстве. Для этого необходимо информацию привести к определенному виду, для возможности обработки данных системой. Основной идеологией является поэтапное описание всех составляющих технологических систем (ТС) доступных на описываемой единице производства. Единицей производства является участок, цех, завод, т.е. от самой малой единицы к самой большой. Описание малой единицы производства участка, идет из содержания на нем оборудования, доступного инструмента и технологической оснастки. Более крупные единицы будут носить укрупненный масштаб описания, складывающийся из более мелких единиц.

Важным условием формирования информационной базы для хранения нормативно-справочных данных является условие необходимости и достаточности, т.е. необходимая для проектирования информация об описываемых объектах, а также достаточность информации для формирования технологических карт. Также условием формируемой информационной базы являются связи элементов технологической системы: станок-инструмент-приспособление. Поэтому важно формирование данных следует вести таким образом, что бы в таблицах описания по столбцам записывалась одноименная информация. При этом связь элементов ТС покажем через табличную форму связи. В общем виде будет выглядеть следующим образом (рис. 1).

Оборудование	Оснащение	Код по ГОСТ	Номер ГОСТ	Параметры
Станок 1.	Приспособ.1	-----	ВЫХОД 1	----->
	Приспособ.2	-----	ВЫХОД 2	----->
	Приспособ.3	-----	ВЫХОД 3	----->
	Приспособ.4	-----	ВЫХОД 4	----->
Станок 2.	Приспособ.5	-----	ВЫХОД 5	----->
	Приспособ.6	-----	ВЫХОД 6	----->
	Приспособ.7	-----	ВЫХОД 7	----->
	Приспособ.8	-----	ВЫХОД 8	----->
	Приспособ.9	-----	ВЫХОД 9	----->

Рисунок 1 – Обобщенный вид представления данных описания технологической оснастки

При такой схеме формирования данных характеристики входа в поиск данных являются Входы 1 и 2. Понятие «Входа» определяет поиск возможных состояний переменной в выбранном столбце управления поиском. Согласно представлению схемы описания и дальнейшего поиска информации, укрупнено показано два Входа, т.е. поиск информации о технологическом оснащении ведется последовательно по первым двум столбцам таблицы. Значение переменной оборудования, как показано в примере, может принимать два значения: Станок 1 и Станок 2. Под понятием станка понимается опи-



сания конечного рабочего места на описываемом участке, и следует понимать конечные модели станков. Табличным образом задана связь, по второму столбцу описания, т.е. к Станку 1, табличным образом привязаны Приспособление 1–4, а к Станку 2- Приспособления 5–9.

Система автоматизированной подготовки документации СКАТ позволяет описывать данные справочно-нормативной документации, а средства встроенного функционала системы позволяет автоматизировать процесс обработки данных и использовать их в процессе проектирования ТП. Формирование данных в табличной форме в системе подвергается первичной обработке. Схема обработки данных можно представить в следующем виде (рис. 2).

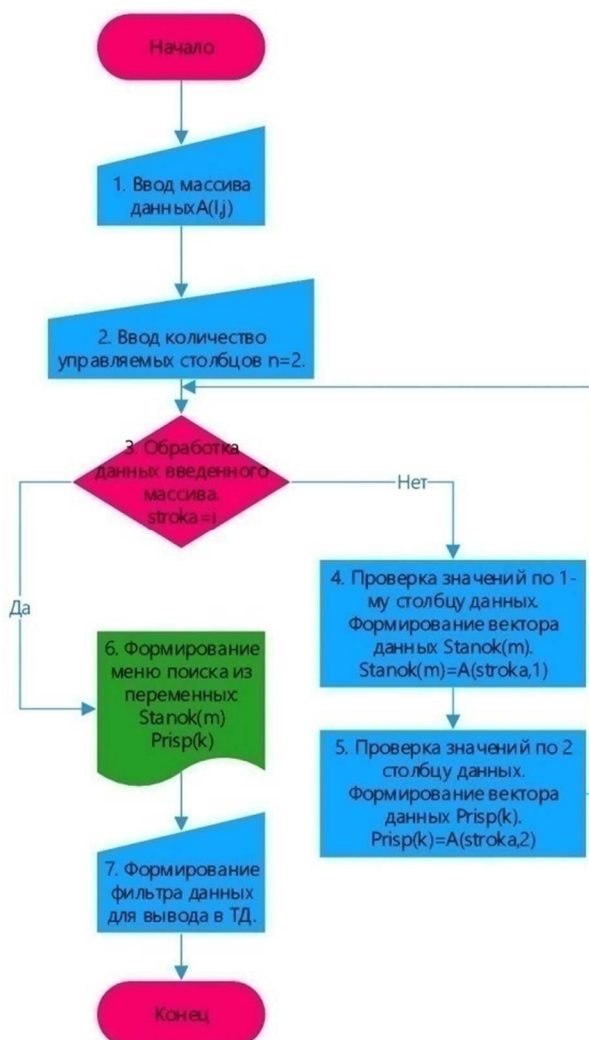


Рисунок 2 – Схема обработки введенного массива данных справочной информации в системе СКАТ

На этапе 1 производится формирование и ввод массива данных, пример которой представлен на рисунке 1. На втором этапе, для введенного массива данных определяется количество управляющих столбцов, т.е. на основании информации в этих двух столбцах формируется пользовательское меню для управления диалогом с пользователем, в процессе проектирования технологического процесса. На третьем этапе происходит организация цикла построчной обработки данных. Данные построчно собирают в указанных 1 и 2 столбце, и определяют какие значения содержатся по состоянию станка и приспособления. При этом на этапе 4 и 5 формируются внутренние векторы данных, где Stanok(m) – вектор, содержащий вариации станков, а Prisp(k) – вектор, содержащий вариации приспособлений. Где m – количество станков в описании, а k – количество приспособлений в описании. Как только отработаны все условия поиска и сформированы массивы этапов 4 и 5, на содержании массивов Stanok(m) и Prisp(k), на этапе 6 формируется пользовательское меню, а на этапе 7 формируется формула записи, которая будет содержать информацию для записи в технологическом документе.

Сформированные и упорядоченные данные в описании справочно-нормативной информации далее подвергаются обработки встроенным языком управления СКАТ. Схему управления данными при разработке технологических процессов можно представить в виде следующей схемы (рис. 3.).



При обращении к программе обработки данных, по сформированному диалоговому меню, осуществляется выбор оборудования. Порядок выбора определяется присвоением значения StanokOp значения, которое было выбрано пользователем. При этом выполнение 1 этапа, сократит общую выборку и ограничит только приспособлениями, относящимися к выбранному станку. Вторая часть меню определяет состав приспособлений для выбора пользователя. Это определяется на этапе 4 и присваивается значение переменной PrispOp для текущей проектируемой операции. На этапе 5 получается строка данных по выбранному приспособлению, которая на этапе 6 подставляются в сформированный фильтр данных, формируя информационную строку записи. Если для формирования данных для операции или установка достаточным условием является однозначный выбор приспособления, тогда программа обработки заканчивается 8 этапом вывода данных, в технологический документ, если же на операции или установке участвуют несколько приспособлений, примером такой вариации может являться токарная обработка, с установкой заготовки в трехкулачковый патрон и с поджимом задним центром, а в случае соотношения диаметра к длине заготовки больше 10, использование еще и люнета. Все три перечисленных приспособления являются стандартизованными. Т.е. в представлении справочной информации будут располагаться в 3 разных строках. Тогда процесс будет носить итерационный характер, т.е. количество итераций будет зависит от количества необходимых приспособлений для выполнения операции.

Таким образом при итерационном процессе описания, в качестве выходной информации на 8 этапе будет выдаваться необходимое количество строк описания оснастки в технологическом документе.



Рисунок 3 – Схема работы внутренней программы СКАТ управления данными при проектировании технологического процесса



Выводы

В результате данной методики обработки данных описания нормативной информации описания технологической оснастки для оборудования, получаем:

1. Ввод данных внутри системы и формирования данных самим технологом, формирую информацию в нужном ему виде.
2. На основании полученного массива данных автоматически формируется диалоговое меню, для работы при проектировании технологического процесса.
3. Полученные данные при проектировании ТП формируются в формулу, которая предписывается соответствующим стандартом, формируется в виде настраиваемого фильтра, которое пишет технолог.

Литература:

1. ГОСТ 3.1118-82 Единая система технологической документации (ЕСТД). Формы и правила оформления маршрутных карт.
2. Гололобов Д.В. Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности // Описание таблиц соответствий на специализированном языке программирования. – М. : Губкинский университет, – 2021. – № 2 (571). – С. 17–23.

References:

1. GOST 3.1118-82 Unified system of technological documentation (USTD). Forms and rules for drawing up route maps.
2. Gololobov D.V. Automation, telemechanization and communication in the oil industry // Description of correspondence tables in a specialized programming language. – M. : Gubkin University, – 2021. – № 2 (571). – P. 17–23.



УДК 539.3

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ УДАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ БУРИЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА СО СТЕНКАМИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО УЧАСТКА СКВАЖИНЫ

NUMERICAL ANALYSIS OF IMPACT INTERACTION OF DRILLING TOOL STRUCTURAL ELEMENTS WITH THE WALLS OF THE HORIZONTAL SECTION OF THE BOREHOLE

Деркач Н.Д.

ООО «Новобур», Пермь

Перельман О.М.

ООО «Новобур», Пермь

Пестренин В.М.Пермский государственный университет
pestreninvm@mail.ru**Пестренина И.В.**

Пермский государственный университет

Фадейкин А.С.

ООО «Новобур», Пермь

Аннотация. Проходка скважин, особенно наклонных и горизонтальных, сопровождается ударным взаимодействием колонны труб и забойного двигателя со стенками скважины. Такое взаимодействие приводит к замедлению проходки, раскручиванию резьбовых соединений, нарушению электрических контактов в телекоммуникационной системе, оказывает негативное влияние на прочностные характеристики бурового оборудования и пр. Экспериментальное изучение ударного взаимодействия со стенками скважины проводится в испытательных стендах. При проектировании испытательного стенда необходимо исследование зависимости поведения испытуемых образцов от параметров стенда. Решению этой задачи посвящена настоящая работа. В ней на основе балочной математической модели стенда в виде составного тяжелого горизонтального вращающегося вала, закрепленного в цилиндрических подшипниках и ограниченного цилиндрическим отбойником, изучаются возможные виды движения вала (forward whirl, chaotic whirl, backward whirl,), ударные взаимодействия вала с отбойником, последствия удара. Показано, что устойчивое периодическое ударное взаимодействие вала с отбойником может быть реализовано вблизи его первой собственной частоты. Оно сопровождается возникновением упругих волн, в том числе, волн ускорения сдвига. Выявлено, что при монотонном возрастании скорости вращения вала достигается ее критическое значение, после которого движение вала с прямой прецессии сменяется на обратную. Переход к обратной прецессии приводит к неустойчивому движению вала и сопровождается ростом амплитуды его изгибных колебаний. Сформулирован критерий определения критической скорости. Предложен способ управления амплитудой изгибных колебаний испытываемого оборудования.

Ключевые слова: испытательный стенд бурового оборудования, прямая и обратная прецессия, ударное взаимодействие с отбойником, волны ускорения.

Derkach N.D.

Novobur LLC, Perm

Perelman O.M.

Novobur LLC, Perm

Pestrenin V.M.Perm State University
pestreninvm@mail.ru**Pestrenina I.V.**

Perm State University

Fadeikin A.S.

Novobur LLC, Perm

Annotation. Drilling wells, especially deviated and horizontal wells, is accompanied by impact interaction of the pipe string and down-hole motor with the borehole walls. Such interaction leads to delayed penetration, unscrewing of threaded joints, disturbance of electrical contacts in the telecommunication system, and has a negative effect on the strength characteristics of drilling equipment, etc. Experimental study of impact interaction with borehole walls is carried out in test benches. When designing a test bench, it is necessary to study the dependence of behavior of the test specimens on the parameters of the bench. The present work is devoted to the solution of this problem. Based on a beam mathematical model of the test bench in the form of a composite heavy horizontal rotating shaft fixed in cylindrical bearings and bounded by a cylindrical bumper, the possible types of shaft motion (forward whirl, chaotic whirl, backward whirl,), shock interaction of the shaft with the bumper, consequences of impact are studied. It is shown that stable periodic shock interaction of the shaft with the bumpstock can be realized near its first natural frequency. It is accompanied by appearance of elastic waves, including shear acceleration waves. It is found that with a monotonous increase in the shaft speed, its critical value is reached, after which the shaft motion from the direct precession is replaced by the reverse precession. The transition to the reverse precession leads to unstable motion of the shaft and is accompanied by an increase in the amplitude of its bending oscillations. The criterion for determining the critical speed is formulated. The method of controlling the amplitude of bending vibrations of the tested equipment is proposed.

Keywords: drilling equipment test bed, forward and reverse precession, impact interaction with the bumper, acceleration waves.



Введение

В современных условиях горизонтальное бурение в России набирает обороты. Так если в 2010 г. его доля в эксплуатационном бурении составляла 11 %, то в 2020 г. она выросла до 45 %, а к 2030 г. превысит 50 %. Несмотря на большую стоимость, горизонтальные скважины дают кратное увеличение дебитов, поскольку многократно возрастает площадь дренирования. Оно применяется при освоении шельфовых проектов, в болотистых и сильно пересеченных местностях, для вскрытия низкопроницаемых коллекторов, повышения нефтеотдачи пластов, восстановления бездействующего фонда скважин [1]. Основные районы применения горизонтального бурения – это действующие месторождения в Западной Сибири, на Сахалине и Ямале, морское бурение – на Каспийском, Баренцевом и Охотском морях. А основная проблема на текущий момент – 90 % оборудования и услуг, необходимых для горизонтального бурения, предоставляется зарубежными компаниями. ООО «Новобур» в данный период занимается разработкой отечественного оборудования для решения выше указанной проблемы. По ходу развития работ создается многофункциональный испытательный комплекс для бурового инструмента, включающий Буровой Горизонтальный Стенд (БГС). Ниже представленная статья – один из этапов разработки БГС.

В работе на основе балочной модели [2] компоновки низа бурильной колонны (КНБК) изучаются условия устойчивого ударного взаимодействия секции бурового инструмента с цилиндрическим отбойником, влияние такого взаимодействия на параметры состояния испытываемого образца.

Постановка задачи

Ударное взаимодействие элементов КНБК со стенками скважины моделируется изгибными колебаниями вращающегося тяжелого составного вала, закрепленного в горизонтальном стенде (рис. 1). Вал состоит из испытываемого образца 1, закрепляемого в стенде концевыми штангами 2. Испытываемый образец – элемент компоновки низа бурильной колонны: секции двигателя, УБТ. Скважина моделируется цилиндрическим упругим отбойником 3, расположенным в средней части образца. Вал приводится во вращение электродвигателем 4. М – середина испытываемого образца.

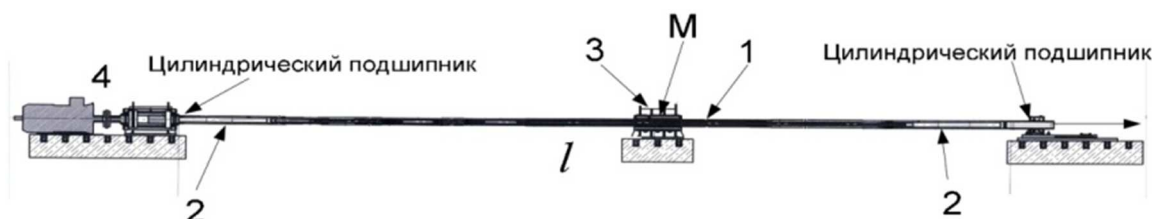


Рисунок 1 – Схема испытательного стенда

Изменяемыми являются геометрические и материальные параметры отбойника и штанг.

Задача состоит в исследовании состояния вала в зависимости от скорости его вращения, изучении характера его взаимодействия с отбойником. В частности, требуется выявить режим устойчивого ударного взаимодействия вала с отбойником.

Исследование проводится численно с использованием инженерного пакета ANSYS на основе геометрически нелинейной упругой модели вала.

Движение составного вала вблизи резонансной частоты

Ранее было установлено влияние сил тяжести, диссипации и дисбаланса на изгибные колебания горизонтального вала. Показано, что изогнутый под действием сил тяжести вал вращается относительно линии центров тяжести сечений. Диссипация, пропорциональная скорости, обуславливает центрирование вала. Наличие дисбаланса обеспечивает изгибные колебания относительно линии вращения. Поэтому причиной изгибных колебаний составного вала является его несбалансированность.

При исследованиях изгибных колебаний вращающегося вала дисбаланс задается равенством $y = \varepsilon \sin(\pi x/l)$. Принято, что угловая скорость вращения вала изменяется по линейному закону до около-резонансной частоты (рис. 2, а) и далее остается постоянной. Вычисления проводятся для расчетной схемы на рисунке 1. На рисунке 2, б показана траектория центра тяжести сечения образца в точке М. Видим, что с течением времени движение вала переходит в устойчивое стационарное движение (прямая прецессия – forward whirl) – вал совершает периодические колебания с ударами по отбойнику.

Ударное взаимодействие объекта с отбойником генерирует в нем упругие волны, распространяющиеся к концам вала. На рисунке 3 показаны ускорения в точке взаимодействия при различном коэффициенте диссипации. Видим, что этот параметр существенно влияет на результат ударного взаимодействия.

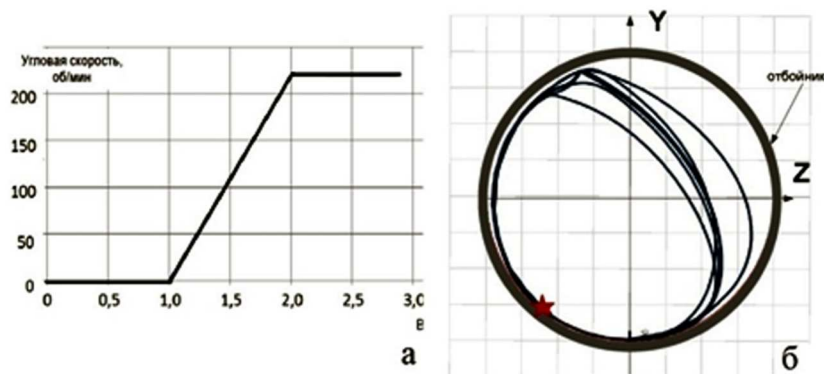


Рисунок 2 – а) Закон изменения угловой скорости вращения двигателя; б) траектория центра тяжести сечения в точке М в поперечном сечении YZ

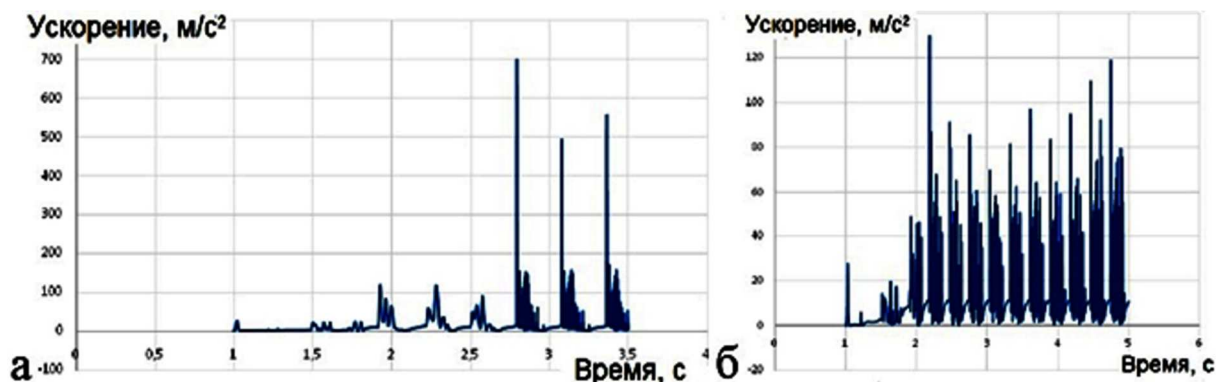


Рисунок 3 – Ускорения в точке взаимодействия вала с отбойником: а) коэффициент диссипации 0,01; б) коэффициент диссипации 0,05

Движение составного вала в зависимости от угловой скорости его вращения

Рассматривается движение тяжелого вала с монотонно возрастающей угловой скоростью вращения. В момент начала движения ($t = t_0$) вал, прогнувшись под действием сил тяжести, находится в состоянии статического равновесия в контакте с отбойником. Принимается, что силы трения отсутствуют (оценка показала, что влияние сил трения пренебрежимо мало), учитываются диссипация и дисбаланс. На рисунке 4 приводится траектория движения центра тяжести сечения в точке М вала. Движение начинается с проскальзыванием по отбойнику около точки контакта без отрыва (линии а); семейство линий б – замкнутые кривые с отрывом и ударом об отбойник с возрастающей амплитудой; линия с – околорезонансное движение с ударом об отбойник; семейство линий d – центрирование вала, уменьшение амплитуд колебаний, прекращение ударного взаимодействия; область е – хаотическое движение, смена прямой прецессии на обратную; кривые f – неустойчивое движение с повышением амплитуды, затем движение в контакте с отбойником.

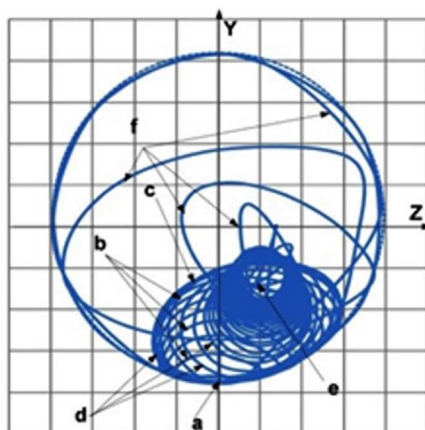


Рисунок 4 – Траектория центра тяжести сечения в точке М вала при монотонном возрастании скорости его вращения: последовательность участков: а–b–с–d–e–f



Траектория центра тяжести сечения в точке М вала в области смены прецессии приводится на рисунке 5.

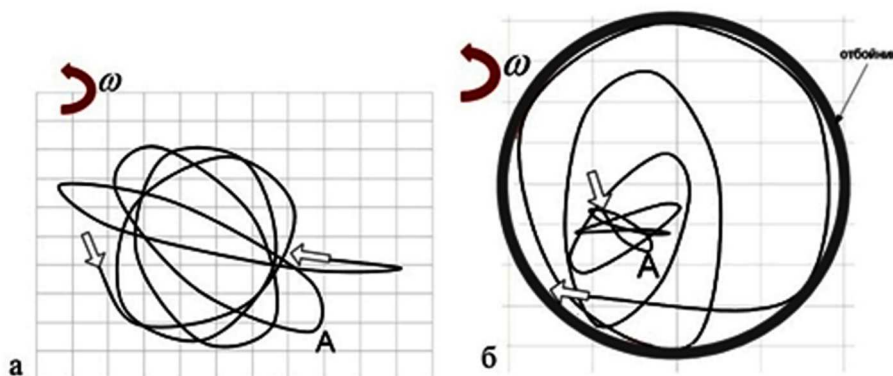


Рисунок 5 – Траектория центра тяжести сечения в точке М вала в области смены прямой прецессии на обратную: а) участок d до т.А (прямая прецессия); б) участок f после т.А (хаотическое движение, затем обратная прецессия)

Обозначим через ω^* скорость вращения вала, при которой он переходит в неустойчивое хаотическое движение, сменяемое движением с обратной прецессией. Эту скорость назовем критической. Для ее определения предлагается использовать диаграмму Кэмпбелла (рис. 6), на которой отражена зависимость собственных частот от скорости вращения вала при прямой и обратной прецессии.

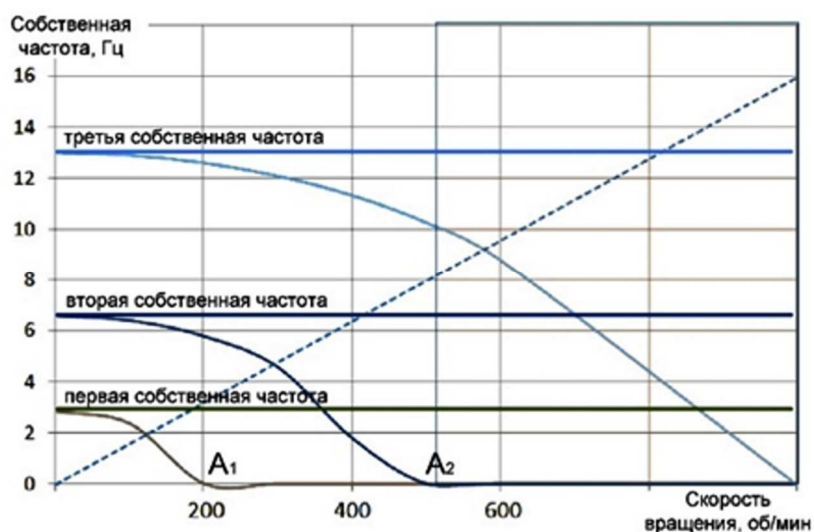


Рисунок 6 – Диаграмма Кэмпбелла. Первые три собственные частоты в зависимости от скорости вращения вала в прямой и обратной прецессии

По горизонтальной оси откладывается скорость вращения вала Ω (об / мин), по вертикальной оси – собственная частота ω (Гц). При прямой прецессии значения собственных частот слабо зависят от скорости вращения. В случае обратной прецессии такая зависимость весьма существенна. Как видно из рисунка 6, в точке A_1 первая собственная частота обращается в нуль, а в точке A_2 – вторая. Таким образом, начиная со скорости вращения A_2 характеристическое уравнение, определяющее собственные частоты вала, будет иметь кратные корни (два нулевых корня). Кратным корням отвечает расходящееся решение, поэтому точка A_2 является границей частот вращения вала, начиная с которой движение с обратной прецессией становится неустойчивым. Численные эксперименты показывают, что переход к хаотическому движению и далее к смене прецессии на обратную реализуется при вращении вала с угловой скоростью близкой к A_2 . Эту скорость и принимаем за критическую ω^* .

Изгибные колебания двигателя в стенде с короткими искривленными концевыми штангами

Полученные выше результаты показывают, что обеспечить устойчивое ударное взаимодействие двигателя с отбойником можно в окрестности первой резонансной частоты за счет наличия дисбаланса.



Дисбаланс в элементах конструкции, подвергаемых испытаниям, при изготовлении минимизируется. Обеспечить необходимый для требуемого уровня ударного взаимодействия дисбаланс можно, например, за счет искривления концевых штанг крепления составного вала. Параметрами управления могут служить стрела изгиба концевых штанг, их материальные свойства и геометрические размеры. В этом пункте рассматривается ударное взаимодействие с отбойником образца бурильного инструмента, закрепленного в стенде короткими искривленными концевыми штангами (рис. 7).

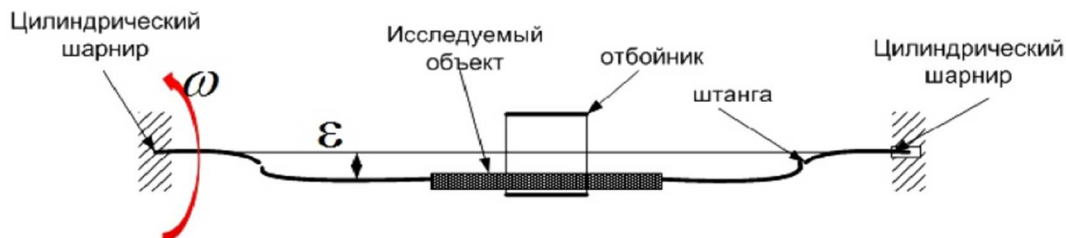


Рисунок 7 – Схема составного вала с искривленными короткими штангами

Изменение длины штанг в сторону укорочения приводит к возрастанию первой резонансной частоты. При вращении с резонансной частотой вал совершает устойчивое периодическое ударное взаимодействие с отбойником (рис. 8).

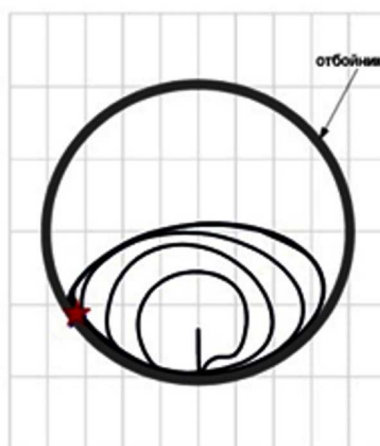


Рисунок 8 – Траектория срединной точки исследуемого объекта с выходом на стационарное ударное взаимодействие вала с отбойником

В рассматриваемом примере ударное взаимодействие вызывает ускорения порядка 55g (рис. 9).

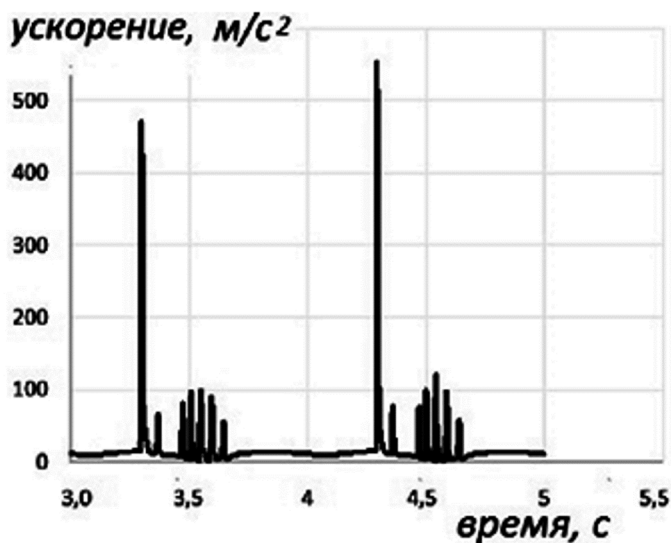


Рисунок 9 – Ускорение в срединной точке вала во времени



На рисунке 9 приведены результаты вычисления ускорения с плотностью вывода 0,0007 с. На рисунках 10–11 показаны реакции в опорах при движении вала на резонансном режиме.

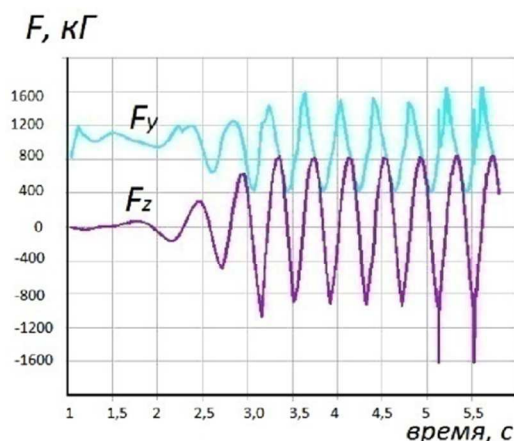


Рисунок 10 – Реакция в левой опоре в проекциях на оси y и z

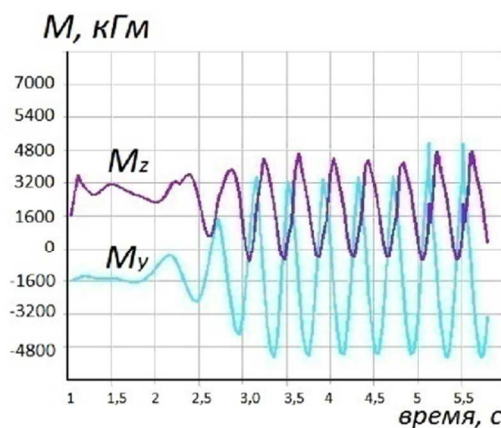


Рисунок 11 – Изгибающий момент в левой опоре в проекциях на оси y и z

Заключение

Проведено исследование взаимодействия вращающегося тяжелого составного горизонтального вала, закрепленного в цилиндрических подшипниках, с цилиндрическим отбойником. Рассматриваемая задача является математической моделью испытательного стенда, предназначенного для изучения ударного взаимодействия секции бурильного инструмента со стенками скважины. Показано, что периодически устойчивые удары бурильного инструмента об отбойник реализуются, в частности, на первой резонансной частоте. Выявлены режимы движения рассматриваемого вала при монотонно возрастающей скорости вращения. Обнаружено существование критической скорости вращения вала, при которой его движение с прямой прецессией меняется на неустойчивое движение с обратной прецессией. Сформулирован критерий определения критической скорости. Предложен способ управления амплитудой изгибных колебаний испытываемого образца бурильного инструмента.

Результаты, полученные в работе, найдут применение при проектировании испытательных стендов и изучении взаимодействия КНБК со стенками скважины при горизонтальном бурении.

Литература:

1. Состояние и перспективы горизонтального бурения в России / В.В. Кульчицкий [и др.] // Бурение и нефть. – 2020. – № 10. – С. 12–20. – URL : <https://burneft.ru/archive/issues/2020-10/11> (Дата последнего просмотра 27.13.2021)
2. Балочная модель роторно управляемой системы с электродвигателем / Н.Д. Деркач [и др.] // Булатовские чтения. Материалы IV международной научно-практической конференции: Технические и технологические разработки. Электрооборудование в нефтегазовой отрасли. – 2020. – Т. 6. – С. 92–102. – URL : <http://id-yug.com/images/id-yug/Bulatov/2020/6/PDF/2020-6.pdf>

References:

1. State and prospects of horizontal drilling in Russia / V.V. Kulchitskiy [et al.] // Drilling and Oil. – 2020. – № 10. – P. 12–20. – URL : <https://burneft.ru/archive/issues/2020-10/11> (Date of last viewing 27.13.2021)
2. Beam model of a rotary steerable system with electric motor / N.D. Derkach [et al.] // Bulatov readings. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference: Technical and technological developments. Electrical equipment in oil and gas industry. – 2020. – VOL. 6. – P. 92–102. – URL : <http://id-yug.com/images/id-yug/Bulatov/2020/6/PDF/2020-6.pdf>



УДК 621.814

МЕТОДИКА СИЛОВОГО РАСЧЁТА УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПЛАСТИНЧАТЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА И АРКТИКИ

METHOD OF FORCE CALCULATION OF UNIVERSAL PLATE METAL VIBRATION ISOLATORS OPERATED UNDER DYNAMIC LOADS IN THE FAR NORTH AND THE ARCTIC

Думанский Игорь Олегович

кандидат технических наук, доцент,
зав. кафедрой инжиниринга
транспортно-технологических средств и оборудования,
Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова
i.dumanskij@narfu.ru

Думанский Андрей Игоревич

кандидат технических наук,
зав. лабораторией кафедры инжиниринга
транспортно-технологических средств и оборудования,
Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова
a.dumanskij@narfu.ru

Аннотация. Данная статья посвящена рассмотрению методики силового расчёта упругого элемента универсальных пластинчатых металлических виброизоляторов, эксплуатируемых при динамических нагрузках в условиях Крайнего Севера и Арктики. Методика позволяет достоверно оценивать напряжённое состояние материала упругих элементов, а также определять основные геометрические характеристики этих элементов.

Ключевые слова: вибрации, виброизоляция, металлический виброизолятор, нагрузки, механические напряжения.

Dumansky Igor Olegovich

Ph. D., Associate Professor,
Head Department of Engineering of
Transport and Technological Means
and Equipment,
Northern (Arctic) Federal University
named after M.V. Lomonosov
i.dumanskij@narfu.ru

Dumansky Andrey Igorevich

Ph. D., Head Laboratory of the Department of
Engineering of Transport and
Technological Means and Equipment,
Northern (Arctic) Federal University
named after M.V. Lomonosov
a.dumanskij@narfu.ru

Annotation. This article is devoted to the consideration of the method of force calculation of the elastic element of universal plate metal vibration isolators, operated under dynamic loads in the Far North and the Arctic. The technique allows one to reliably assess the stress state of the material of elastic elements, as well as to determine the main geometric characteristics of these elements.

Keywords: vibrations, vibration isolation, metal vibration isolator, loads, mechanical stresses.

До 70–80 % выходов из строя различных машин и оборудования напрямую связаны с устойчивыми разрушениями их деталей и узлов, вызванными воздействиями на материал этих деталей динамических, и, прежде всего, – циклических нагрузок [1]. В свою очередь, причиной возникновения таких нагрузок являются вибрации и автоколебания, появляющиеся как следствие изменения технологических усилий или неуравновешенности движущихся деталей машин. В не меньшей степени вибрации и колебания влияют на экологические и эргономические параметры машин и оборудования, отрицательно сказываясь на здоровье и утомляемости обслуживающего персонала, а также отрицательно воздействуя на окружающую среду. В связи с вышесказанным, борьба с колебаниями, вибрациями и шумом является чрезвычайно актуальной в технике задач.

При эксплуатации нефтяного и газового оборудования в условиях районов Крайнего Севера и Арктики, освоение которых связано с установкой этого оборудования на неустойчивых грунтах (болота, тундра, вечная мерзлота и т.д.) или подвижных платформах, в т.ч. пришельфовых и морских, актуальность проблемы виброизоляции, особенно, низкочастотной, возрастает многократно.

Решению этой проблемы призваны различные виброизоляторы, используемые в технике: пружинные, торсионные, рессорные, пневматические, гидравлические и т.д.) [2]. Однако, у всех существующих схем и конструкций виброизоляторов есть ряд органических недостатков, не позволяющих использовать их как универсальные, а в некоторых случаях – использовать их вообще в данных узлах и оборудовании и в данных условиях эксплуатации. Так, пружинные, торсионные и рессорные виброизоляторы требуют установки совместно с ними дополнительных демпферов для исключения автоколебаний, пневмогидровиброизоляторы чрезвычайно сложны и дороги в эксплуатации, обслуживании



и ремонте. Кроме того все перечисленные конструкции обладают невысокой удельной несущей способностью и критичны к условиям эксплуатации.

В значительной степени от перечисленных выше недостатков свободен пластинчатый металлический виброизолятор [3], представляющий собой пакет гофрированных пластин, погруженных в гидравлическую среду. Такой виброизолятор может обеспечить следующие характеристики:

- Диапазон демпфируемых частот, Гц – $4 \dots 2 \cdot 10^4$;
- Диапазон статических нагрузок, Н – $10 \dots 3 \cdot 10^6$;
- Амплитуда колебаний, мм – $1 \dots 50$;
- Эффективность виброизолятора, дБ – 40;
- Диапазон рабочих температур – $-60 \text{ }^\circ\text{C} \dots +250 \text{ }^\circ\text{C}$.

Виброизолятор с такими характеристиками вполне универсален и может стать основным для снижения уровня вибрации в различных областях техники и промышленности, в т.ч. в нефте- газодобывающих и нефте- газотранспортных отраслях.

Упругий пакет, состоящий из упругих элементов – плоских гофрированных пластин (рис.1), является основным виброизолирующим узлом амортизатора. Погруженный в вязкую жидкость, он выполняет функцию упругого и демпфирующего элементов.

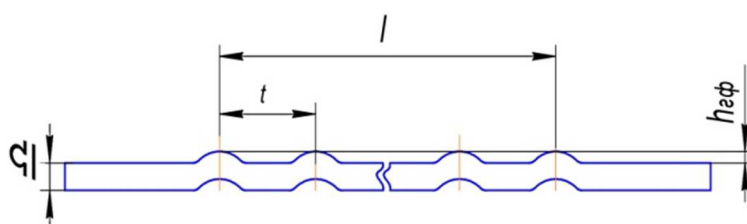


Рисунок 1 – Геометрические параметры упругого элемента

Упругие элементы выполнены из пружинного термообработанного сплава. Они собираются в пакет (рис. 2) таким образом, чтобы щелевые камеры, образуемые соседними гофрированными пластинами, располагались в шахматном порядке. К пакету пластин крепятся сверху и снизу ограничители.

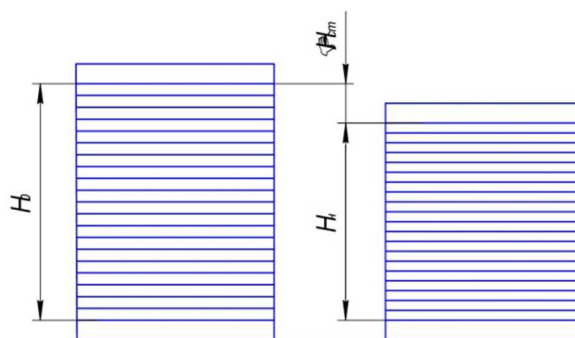


Рисунок 2 – Схема деформации упругого пакета

На периферии пластины имеют специальные узлы крепления – ушки, за которые осуществляется соединение пластин (скрепление болтами) в пакете (рис. 3).

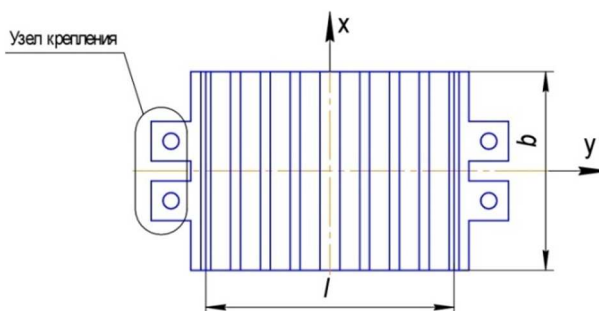


Рисунок 3 – Упругий элемент (общий вид в плане)

Ушки соседних групп пластин выполнены со смещением, что позволяет избежать акустических мостиков, проводящих вибрации.



Пластины с гофрами образуют упругую систему, имеющую щелевые зазоры, заполненные маслом. При нагрузке амортизатора, пластины прогибаются, воспринимая статическую нагрузку (от веса механизма).

При колебании амортизатора около статического положения объем каналов изменяется, вследствие чего жидкость попеременно то вытесняется, то всасывается в них, преодолевая гидродинамические силы трения ее о стенки каналов. Таким образом происходит демпфирование колебаний.

Основные характеристики упругих свойств и долговечности описанного выше виброизолятора в значительной степени определяются уровнем механических напряжений, возникающих в материале упругого элемента (рис. 1) при его работе. Однако силовой расчёт такого рода тонких профилированных упругих элементов представляет определённые трудности [4]. В настоящей статье предложен достаточно простой и в необходимой степени достоверный силовой расчёт таких элементов.

Расчет единичного гофра на прочность и жесткость

При определении нагрузочной способности пакета были сделаны следующие допущения: прогиб пластины в каждом канале рассматривается как прогиб балки единичной ширины, нагруженной сосредоточенными силами и моментами в заделке, предполагается, что между всеми аналогичными участками нагрузка распределяется равномерно [5]. Так как высота гофра значительно меньше величины шага или пролета балки, а радиусы кривизны достаточно плавные, в данном расчете считаем пластину плоской, а соответствующую ей балку кривой.

В предлагаемой методике расчёта приняты следующие обозначения: H_0 – высота пакета; H_n – высота пакета под номинальной нагрузкой; P – нагрузка на пакет; $P_{уд}$ – нагрузка на гофр единичной длины; b – ширина пластины; l – длина рабочей части пластины; δ – толщина пластины; t – шаг между гофрами; h_f – высота гофра; $[\sigma]$ – допускаемое напряжение; k – количество пластин в пакете; $n_{гф}$ – количество гофров в пластине; n – число пролетов между гофрами; Δ_1 – прогиб одной пластины; P_1 – нагрузка на один гофр; $P_{уд}$ – удельная нагрузка на один гофр; $E_{пр}$ – приведенный модуль упругости;

J_x, J_y – моменты инерции относительно оси x, y ; W_x, W_y – моменты сопротивления сечения при изгибе; S_x, S_y – статические моменты; σ – нормальное напряжение; τ – касательное напряжение; $\sigma_{пр}$ – приведенное нормальное напряжение; $\tau_{пр}$ – приведенное касательное напряжение.

Так как балка симметричная, рассмотрим одну ее половину.

Величина момента M на концах балки находится из условия нулевого угла поворота. Момент в точке A находится из уравнения:

$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0; \\ \sum M_A &= 2M - \frac{P_{уд}t}{4} = 0; \\ M &= \frac{P_{уд}t}{8}. \end{aligned} \tag{1}$$

Прогиб балки под действием приложенных нагрузок определяется из дифференциального уравнения изогнутой оси балки [6]:

$$EJ_x \frac{d^2z}{dy^2} = M(y). \tag{2}$$

Изгибающий момент в сечении y :

$$M(y) = M - \frac{P_{уд}y}{2} = \frac{P_{уд}}{2} \left(\frac{t}{4} - y \right). \tag{3}$$

Подставим (3) в (2):

$$EJ_x \frac{d^2z}{dy^2} = \frac{P_{уд}}{2} \left(\frac{t}{4} - y \right).$$



Дважды интегрируя, получим:

$$EJ_x \frac{dz}{dx} = \frac{P_{уд}t}{8} y - \frac{P_{уд}}{4} y^2 + C_1;$$

$$EJ_x z = \frac{P_{уд}t}{16} y^2 - \frac{P_{уд}}{12} y^3 + C_1 y + C_2.$$

Постоянные интегрирования определяются из условия:

при $y = 0, z = 0, \frac{dz}{dy} = 0.$

Тогда $C_1 = C_2 = 0.$

Прогиб в любом сечении балки:

$$z = \frac{1}{EJ_x} \left(\frac{P_{уд}ty^2}{16} - \frac{P_{уд}y^3}{12} \right). \tag{4}$$

Максимальный прогиб будет в сечении $y = \frac{t}{2}:$

$$z = \frac{P_{уд}t^3}{192EJ_x}. \tag{5}$$

Момент инерции балки единичной ширины:

$$J_x = \frac{\delta^3}{12}. \tag{6}$$

Обозначаем отношение шага между гофрами к толщине пластины через $a:$

$$\frac{t}{\delta} = a. \tag{7}$$

Тогда максимальный прогиб пластины, который в дальнейшем будем обозначать $\Delta_i,$ равен:

$$\Delta_i = P_{уд} \frac{a^3}{16E}. \tag{8}$$

Максимальное нормальное напряжение от изгиба:

$$\sigma = \frac{M \delta}{J_x 2}. \tag{9}$$

Подставляем (1) и (6) в (9):

$$\sigma = \frac{3}{4} P_{уд} \frac{t}{\delta^2}. \tag{10}$$

Максимальное касательное напряжение от изгиба:

$$\tau = \frac{3Q}{2F} = \frac{3P_{уд}}{4\delta}, \tag{11}$$

где $F = 1 \cdot \delta$ – площадь поперечного сечения балки единичной ширины.

Найдем отношение нормального напряжения к касательному:

$$\frac{\sigma_{max}}{\tau_{max}} = \frac{6 \cdot P_i \cdot t \cdot 2 \cdot 2 \cdot \delta}{8 \cdot \delta^2 \cdot 3 \cdot P_i} = \frac{t}{\delta}.$$

В нашем случае $\frac{t}{\delta} \gg 1,$ поэтому касательные напряжения не учитываем.

Представленный в статье силовой расчёт упругого элемента универсальных пластинчатых металлических виброизоляторов позволяет не только определить уровень механических напряжений в



материале гофрированной пластины, но и использовать разработанную методику для выбора геометрических характеристик пластины – высоту и радиус гофр, число гофр, расстояние между ними, а также размеры пластин в плане.

Литература:

1. Вибрация энергетических машин: справ, пособие / под ред. Н.В. Григорьева. – Л. : Машиностроение, 1974. – 464 с.
2. Челомей В.Н. Вибрации в технике (том 3. Колебания конструкций и их элементов). – М. : Инфра-М, 2014. – 205 с.
3. Виброизолирующая опора из металлических пластин [Текст] / И.О. Думанский [и др.] // Лесная промышленность. – М., 1990. – № 10. – С. 20.
4. Варданян Г.С., Андреев В.И., Атаров Н.М. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности: Учебник. – М. : Инфра-М, 2016. – 368 с.
5. Кузнецова Е.В. Изгиб пластин: Учебное-методическое пособие к решению задачи лабораторному практикуму по исследованию прогибов при нагружении прямоугольных и круглых пластин // Перм. Гос. Техн. унт. Пермь, 2006. – 32 с.
6. Демидов С.П. Теория упругости. – М. : Высшая школа, 1979. – 388 с.
7. Подгорный А.Н., Марченко Г.А., Пустынников В.И. Основы и методы прикладной теории упругости: учебное пособие для вузов. – Киев : Вища школа, 1981. – 328 с.

References:

1. Vibration of power machines: reference manual / edited by N.V. Grigoriev. – L. : Mashinostroenie, 1974. – 464 p.
2. Chelomey V.N. Vibrations in Engineering (Volume 3: Vibrations of Structures and Their Elements). – M. : Infra-M, 2014. – 205 p.
3. Vibration-isolating support from metal plates [Text] / I.O. Dumanskii [et al.] // Lesnaya pro-industriya. – M., 1990. – № 10. – P. 20.
4. Vardanyan G.S., Andreev V.I., Atarov N.M. Material resistance with the fundamentals of the theory of elasticity and plasticity: Textbook. – M. : Infra-M, 2016. – 368 p.
5. Kuznetsova E.V. Bending of plates: tutorial-methodical manual for the problem solving laboratory practical work on the study of deflections under loading of rectangular and circular plates // Perm. State Technical University. Perm, 2006. – 32 p.
6. Demidov S.P. Theory of elasticity. – M. : High School, 1979. – 388 p.
7. Podgorny A.N., Marchenko G.A., Pustynnikov V.I. Fundamentals and Methods of Applied Theory of Elasticity: Textbook for Universities. – Kyiv : Vyshcha Shkola, 1981. – 328 p.



УДК 621.311.49

ЦИФРОВЫЕ ПОДСТАНЦИИ. РАЗВИТИЕ И ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ

DIGITAL SUBSTATIONS. DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION EXPERIENCE

Иванов Степан Евгеньевич

бакалавр техники и технологий, магистрант,
Карагандинский технический университет
usb-1999@mail.ru

Ivanov Stepan Evgenyevich

Bachelor of Engineering and Technology,
MA Student,
Karaganda Technical University
usb-1999@mail.ru

Аннотация. Приведены основные преимущества цифровых подстанций (ЦПС), а также неотъемлемые части ЦПС. Рассмотрены варианты применения технологий ЦПС, устройств, отвечающих требованиям стандарта МЭК 61850.

Annotation. The main advantages of digital substations (DSPs), as well as the integral parts of DSPs, are given. The variants of application of DSP technologies, IEC 61850 compliant devices are considered.

Ключевые слова: цифровые подстанции, стандарт МЭК 61850, цифровые измерительные трансформаторы, шины процесса, коммутационные аппараты.

Keywords: digital substations, IEC 61850 standard, digital measuring transformers, process buses, switching devices.

Введение

Технологические решения, которые используются единой энергетической сетью (ЕЭС), исчерпали свои эксплуатационные возможности. Многие технологии устаревшие и не соответствуют предъявляемым современным требованиям. Процесс повышения уровня автоматизации энергетических систем уже идет, где новые технологии порождают в новые возможности технологической реализации, ведущие к многим технологическим преимуществам.

Одной из наиболее обсуждаемых сегодня технологий, является технология цифровой подстанции. «Цифровая подстанция» – это технология построения системы автоматизации и управления на базе открытых стандартов МЭК 61850 с использованием инновационных способов сбора информации [1].

Преимущества и неотъемлемые части

Внедрение технологий «Цифровая Подстанция» дает такие технологические преимущества как:

- повышение точности измерений;
- значительное сокращение кабельных связей;
- простота эксплуатации и обслуживания;
- унифицированная платформа обмена данными (МЭК 61850);
- высокая помехозащищенность;
- снижение количества модулей ввода / вывода на устройства АСУ ТП и РЗА, обеспечивающие снижение стоимости устройств.

Из перечисленного списка видно, что данная технология имеет ряд преимуществ, способных значительно улучшить работу устаревших подстанций, а также дающих простоту проектирования новых подстанций с последующей простотой их эксплуатации и обслуживания.

Неотъемлемой частью ЦПС являются:

– Передача данных между терминалами релейной защиты автоматики (РЗА) и контроллерами автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) в цифровой форме;

- Электронные измерительные трансформаторы с цифровым интерфейсом;
- Электромагнитные измерительные трансформаторы ПАС;
- Телеуправление всеми коммутационными аппаратами;
- Системы мониторинга технического состояния оборудования ПС;
- Система контроля качества электроэнергии;
- АИИС КУЭ;
- Шина процесса и обмен информацией (между первичным и вторичным оборудованием) в цифровой форме по оптоволоконным соединениям и в соответствии со стандартом IEC 61850. Все устройства должны поддерживать обмен по стандартам МЭК-61850-8-1 (MMS, GOOSE). Технология MMS предназначена для обмена с устройствами верхнего уровня (до сервера АСУ конкретной подстанции), а GOOSE – для горизонтального обмена между терминалами РЗА и контроллерами присоединений;

– Электронный проект. Проектировать цифровые подстанции нужно согласно стандартам МЭК-61850. То есть на выходе у проектировщика должно получаться готовое задание на наладку РЗА



и АСУ в цифровом виде (файл в формат языка описания SCL). Это позволит существенно сократить время на наладку, но возможно увеличит время на проектирование [2];

Развитие и опыт реализации

Стоит отметить что первая в мире цифровая подстанция была запущена в 2006 году в Китае, и на сегодняшний день Китай является лидирующей страной по внедрению этой технологии. К 2014 г. в Китае уже было проведено 6 сессий испытаний устройств на функциональную совместимость, где участвовали различные фирмы-производители. В 2005 г. в качестве национального стандарта (DL / T860 в Китае) был принят стандарт МЭК 61850, также, совместно с КЕМА, была создана лаборатория для проведения проверок соответствия устройств с поддержкой МЭК 61850. Первая цифровая подстанция с реализацией шины процесса (с высшим напряжением 110 кВ была введена в работу) в марте 2006 г. В 2013 г. в Китае уже было введено в работу более 10 000 подстанций с высшим напряжением 35–1000 кВ с вторичными устройствами, поддерживающими МЭК 61850-8-1. К концу 2013 г. общее количество подстанций с применением шины процесса насчитывало 893. Также данная технология широко развита в странах: США, Канада, Россия. Уже сегодня в этом направлении по всему миру работают ведущие компании-производители электроэнергетической отрасли, а также компании предоставляющие услуги проектирования и реализации технологии цифровой подстанции. Развитие электроэнергетики в последние годы связано с фактором объединения электросетевой и информационной инфраструктуры.

В 2014 году большим шагом для развития технологии цифровой подстанции в России стало выступление, в лице Российского энергетического агентства, на международной выставке в Париже CIGRE-2014 российских компаний. Где демонстрировалось совместное техническое решение, предназначенное для автоматизации подстанций по технологии «Цифровая подстанция».

5 октября 2017 года прошла международная конференция «Цифровая подстанция. Стандарт IEC 61850», где участие приняли представители крупных зарубежных и российских компаний в электроэнергетике, представители научных и проектных организаций, а также специалисты компаний-разработчиков оборудования, применяемого для технологии «Цифровая подстанция». На данной конференции было представлено более 40 докладов. Доклады были посвящены работе аппаратуры технологических систем различных производителей, разработанной в соответствии с технологией «Цифровая подстанция».

Со 2 июля по 4 июля в Москве прошла I Международная научная конференция «Цифровая подстанция: Стандарт IEC 61850. Цифровизация электрических сетей» на площадке АО «НТЦ ФСК ЕЭС». Участники конференции обсудили вопросы создания, сертификации и проведения комплексных испытаний оборудования. На данной конференции было представлено 46 докладов, посвященных применению стандарта МЭК 61850. На конференции затронули проблемы построения архитектур коммуникаций на подстанциях различного класса напряжений, безопасности новой технологии ЦПС, опыта реализации средств защиты для цифровых подстанций и информационной безопасности энергетических объектов. Конференцию посетило более 250 специалистов из 7 стран, включая Россию, Нидерланды, Германию, Австрию, Казахстан, Республику Беларусь и Армению.

Первая цифровая подстанция в России 110 кВ «Имени М.П. Сморгунова» в Красноярске ПАО «МРСК Сибири» была построена в декабре 2017 года, данная подстанция стала первым шагом на пути к цифровизации электрических сетей в стране. Мощность цифровой подстанции составила 50 МВА.

В марте 2018 года запущена одна из самых больших цифровых подстанций в России ПС «Тобол».

В 2019 году завершено проектирование основных объектов инфраструктуры и начато полномасштабное разбуривание кустовых площадок для реализации первой цифровой подстанции в Арктике на объектах нефтегазодобывающей отрасли. Подстанция «Север» создаётся как основной энергоузел проекта.

Сегодня такие цифровые подстанции как :«Уват» и «Десна» – примеры одних из наиболее масштабных российских НИОКР последних лет, предполагающих разработку и строительство двух комплексных объектов 110 кВ, уникальных по своим техническим решениям не только для российской, но и для мировой электроэнергетики. Выполнение НИОКР длилось полтора года, а использованное в проекте отечественное оборудование более чем на 80 % относится к категории инновационных продуктов.

Первая в московском регионе цифровая подстанция была открыта в июне 2018. Подстанция «Медведевская» мощностью 160 МВА призвана обеспечить электроснабжение объектов на территории инновационного центра «Сколково». Кроме того, ввод в эксплуатацию питающего центра обеспечивает резерв для электроснабжения близлежащих девелоперских объектов.

В декабре 2020 компания «Россети Сибирь» запустила первую цифровую подстанцию в Тыве «Каа-Хем» 35 / 10 кВ.

Также концепция цифровой подстанции реализована на ПС-110 «Приречная» с применением системы Hard Fiber Process Bus – системы выносных модулей ввода / вывода с передачей данных по



оптоволоконным кабелям. Система включает в себя МПРЗА, оптические кабели и выносные модули ввода / вывода (УСО), которые получили название Bricks («Кирпичи»). Первым пилотным проектом по внедрению данной технологии стала подстанция AEP Corridor 345 / 138 кВ, г. Колумбус, штат Огайо. На базе системы Hard Fiber была построена дистанционная защита линий Conesville и Hyatt 345 кВ, а также УРОВ на выключателе, соединяющем эти линии в схеме 3 / 2.

ПАО «ФСК ЕЭС» свыше 10 лет применяет технологии на базе международного стандарта МЭК 61850. Цифровизованы более 200 энергообъектов, в научно-техническом центре компании создан опытный полигон «Цифровая подстанция». В 2018 году началось внедрение в сфере инжиниринга сервиса цифрового проектирования. До 2025 года компания планирует комплексное внедрение технологии «Цифровая подстанция» более чем на 30 объектах. Первый такой проект был выполнен в прошлом году в рамках строительства подстанции 500 кВ «Тобол» в Тюменской области.

Заключение

В мировой электроэнергетике в последнее время наблюдается полномасштабное развитие цифровых устройств, реализованных в соответствии с требованиями стандарта МЭК 61850 (РЗА, цифровые ТТ и ТН, АСУ ТП, системы мониторинга и т.д.). Данные устройства позволяют создать цифровую подстанцию, обладающую рядом представленными преимуществами.

За последние 10 лет в Китае технология «Цифровая подстанция» внедрена уже более чем на 10000 подстанций, что сильно влияет на экономику страны. Россия также поддерживает эту тенденцию и за последние 5 лет выполнено много проектов по созданию цифровых подстанций. Опираясь на достижение соседних стран, Казахстану стоит также поддерживать эту тенденцию так как применение технологии ЦПС должно позволить в будущем существенно сократить расходы на проектирование, пуско-наладочные работы, эксплуатацию и обслуживание энергетических объектов.

Литература:

1. Горелик Т.Г., Кириенко О.В. Цифровая подстанция. Подходы к реализации // Энергетик, 2013. – № 2. – С. 15–17.
2. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35–750 кВ (НТП ПС). Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007 – 29.240.10.248, 2017.
3. Аношин А.О., Головин В. Цифровые подстанции. Проблемы внедрения устройства РЗА // Новости электротехники. – 2012. – № 4. – С. 21–24.

References:

1. Gorelik T.G., Kirienko O.V. Digital substation. Approaches to implementation // Energetik, 2013. – № 2. – P. 15–17.
2. Norms of technological design of AC substations with high voltage 35–750 kV (NTP PS). PJSC FGC UES organization standard STO 56947007 – 29.240.10.248, 2017.
3. Anoshin A.O., Golovin V. Digital substations. Problems of implementation of the RZ&A device // Novosti elektrotehniki. – 2012. – № 4. – P. 21–24.



УДК 621.31, 62-83, 621.313.33

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМИЗИРУЮЩЕЙ ТОЧКИ МЕТОДА ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ

DETERMINATION OF MINIMIZING POINT OF GEOMETRIC PROGRAMMING METHOD FOR OPTIMIZATION OF SPECIAL ELECTRIC DRIVES

Карандей Владимир Юрьевич

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой электроснабжения промышленных предприятий, Кубанский государственный технологический университет

Karandey Vladimir Yuryevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department of Power Supply of the Industrial Enterprises, Kuban State Technological University

Аннотация. В статье показано решение задачи минимизации метода геометрического программирования для оптимизации специальных электрических приводов. Приведено решение для определения минимизирующей точки. Использование решенной задачи метода геометрического программирования по определению минимизирующей точки дает возможности решать задачи оптимизации специальных электрических приводов.

Annotation. The article shows the solution of the task of minimizing the method of geometric programming for optimizing special electric drives. The solution for determining the minimizing point is given. Using the solved task of the geometric programming method to determine the minimizing point makes it possible to solve problems of optimizing special electric drives.

Ключевые слова: специальный электрический привод, управляемый асинхронный каскадный электропривод, методы оптимизации, электромеханическое преобразование энергии, электромагнитная система.

Keywords: special electric drive, controlled asynchronous cascade electric drive, optimization methods, electromechanical transformation of energy, electromagnetic system.

Решение задач по разработке электрических приводов [1, 2] и исследованию параметров статике [3, 4] и динамике [5, 6] предполагает использование синтеза классических и новых методов исследования [7, 8] и подходов к определению параметров исследуемых устройств [9, 10]. В одном ряду с такими методами исследования [11, 12] находятся методы оптимизации. С использованием метода геометрического программирования решается задача исследования и проектирования электрических приводов с оптимальными массогабаритными параметрами. Решенная задача минимизации метода геометрического программирования применена для оптимизации специальных электрических приводов [13, 14].

Чтобы показать, как из решения двойственной программы определяются t'_j , достаточно рассмотреть такой частный случай. В задаче было установлено, что:

$$\delta'_1 = \frac{2}{5}, \quad \delta'_2 = \frac{1}{5}, \quad \delta'_3 = \frac{1}{5}, \quad \delta'_4 = \frac{1}{5} \quad \text{и} \quad M = 100.$$

$$u_i(t') = \sqrt{\delta'_i} \delta'_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \tag{1}$$

Поэтому из формулы (1) видно, что t' удовлетворяет системе

$$\begin{aligned} \left(\frac{2}{5}\right) 100 &= u_1 = 40t_1^{-1}t_2^{-1}t_3^{-1} \\ \left(\frac{1}{5}\right) 100 &= u_2 = 40t_2t_3 \\ \left(\frac{1}{5}\right) 100 &= u_3 = 20t_1t_3 \\ \left(\frac{1}{5}\right) 100 &= u_4 = 10t_1t_2 \end{aligned}$$

Взяв логарифм каждого из этих уравнений и полагая

$$z_1 = \ln t_1, \quad z_2 = \ln t_2, \quad z_3 = \ln t_3,$$

Видим, что (z'_1, z'_2, z'_3) удовлетворяет линейной системе



$$\begin{aligned}0 &= -z_1 - z_2 - z_3, \\ -\ln 2 &= z_2 + z_3, \\ 0 &= z_1 + z_3, \\ \ln 2 &= z_1 + z_2.\end{aligned}$$

Ясно, что эта система имеет единственное решение $z_1' = \ln 2$, $z_2' = 0$, $z_3' = -\ln 2$. Отсюда следует, что минимизирующей точкой является $t_1' = 2$, $t_2' = 1$ и $t_3' = 1/2$.

Применение метода геометрического программирования позволит правильно исследовать электромеханические процессы [15, 16], происходящие в специальных электрических приводах [17].

Литература:

1. Avdeev A., Osipov O. PMSM identification using genetic algorithm 26th International Workshop on Electric Drives: Improvement in Efficiency of Electric Drives, IWED 2019 – Proceedings. 26, 2019, Publisher: IEEE, doi: 10.1109/IWED.2019.8664250.
2. А.Е. Козьярук, Современные эффективные электроприводы производственных и транспортных механизмов // Электротехника. – 2019. – № 3. – С. 33–37.
3. 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.
4. 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.
5. Abdulhy Al-Ali M.A., Kornilov V.Yu., Gorodnov A.G. Optimize the performance of electrical equipment in gas separation stations (degassing stations) and electrical submersible pumps of oil equipment for oil Rumaila field // Power engineering: research, equipment, technology. – 2019. – Vol. 21. – № 1–2. – P. 141–145.
6. 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. – 2019. – №. 05043. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912405043>.
7. Бабанова И.С., Жуковский Ю.Л., Королев Н.А. Управление режимами работы электроприводного агрегата на основе нейросетевого диагностирования и оценки технического состояния // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2018. – № 1–2. – С. 26–36.
8. Определение влияния способов широтно-импульсной модуляции на потери мощности в асинхронном двигателе / А.В. Гуляев [и др.] // Электротехника. – 2018. – № 9. – С. 74–76.
9. 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 C1, 24.07.2017. Заявка № 2016144271 от 10.11.2016.
10. Комков А.Н., Чернев М.Ю., Блюк В.В. Исследование взаимного влияния асинхронных электроприводов центробежных насосов в составе электротехнической системы // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2019. – Т. 62. – № 5. – С. 62–67.
11. 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.
12. V.R. Gasiyarov [et al.] Dynamic torque limitation principle in the main line of a mill stand: explanation and rationale for use // Machines. – 2019. – Vol. 7. – № 4. – P. 76. doi: 10.3390/machines7040076.
13. 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.
14. Попов Б.К., Карандей В.Ю., Попова О.Б. Аксиальный каскадный электрический привод с жидкостным токосъемом // Патент на изобретение RU 2483415 C1, 27.05.2013. Заявка № 2012109118/07 от 11.03.2012.
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. – 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.
17. 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.

References:

1. Avdeev A., Osipov O. PMSM identification using genetic algorithm 26th International Workshop on Electric Drives: Improvement in Efficiency of Electric Drives, IWED 2019 – Proceedings. 26, 2019, Publisher: IEEE, doi: 10.1109/IWED.2019.8664250.
2. A.E. Koziaruk, Modern efficient electric drives of production and transport mechanisms // Electrotechnika. – 2019. – № 3. – P. 33–37.



3. 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.
4. 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.
5. Abdulhy Al-Ali M.A., Kornilov V.Yu., Gorodnov A.G. Optimize the performance of electrical equipment in gas separation stations (degassing stations) and electrical submersible pumps of oil equipment for oil Rumaila field // Power engineering: research, equipment, technology. – 2019. – Vol. 21. – № 1–2. – P. 141–145.
6. Abdulhy Al-Ali M.A., Kornilov V.Yu., Gorodnov A.G. Optimize the performance of electrical equipment in gas separation stations (degassing stations) and electrical submersible pumps of oil equipment for oil Rumaila field // Power engineering: research, equipment, technology. – 2019. – Vol. 21. – № 1–2. – P. 141–145.
7. Babanova I.S., Zhukovsky Y.L., Korolev N.A. Management of operation modes of electric drive unit based on neural network diagnostics and assessment of technical condition // Electrical Equipment: Operation and Repair. – 2018. – № 1–2. – P. 26–36.
8. Determination of the influence of pulse-width modulation methods on power losses in an asynchronous motor / A.V. Gulyaev [et al.] // *Electrotehnika*. – 2018. – № 9. – P. 74–76.
9. Zhukovsky Y.L., Babanova I.S., Korolev N.A. Method for diagnosing the technical condition and evaluating the residual life of an electromechanical unit with an induction motor // Patent for the invention RU 2626231 C1, 24.07.2017. Application № 2016144271 of 10.11.2016.
10. Komkov A.N., Chernev M.Y., Bluk V.V. Study of mutual influence of asynchronous electric drives of centrifugal pumps as a part of electrical system // Proceedings of higher educational institutions. *Electromechanics*. – 2019. – Vol. 62. – № 5. – P. 62–67.
11. Vlasievsky S.V., Malysheva O.A., Melnichenko O.V. Comparison of calculated traction forces on AC electric locomotive coupling with asynchronous and collector drive // *Electronics and electrical equipment of transport*. – 2018. – № 5. – P. 30–36.
12. V.R. Gasiyarov [et al.] Dynamic torque limitation principle in the main line of a mill stand: explanation and rationale for use // *Machines*. – 2019. – Vol. 7. – № 4. – P. 76. Doi: 10.3390/machines7040076.
13. Afanasiev V.L., Karandey V.Y., Popov B.K. Controllable cascade electric drive // Useful model patent RU 191959 U1, 28.08.2019, application number 2019111630 of 16.04.2019.
14. Popov B.K., Karandey V.Yu., Popova O.B. Axial cascade electric actuator with fluid current draw // Patent for the invention RU 2483415 C1, 27.05.2013. Application № 2012109118/07 of 11.03.2012.
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. – 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.
17. Karandey V., Karandey Yu., Bazyk A.V. Program for calculating parameters and self-animated construction of the flux distribution of the asynchronous cascade electric drive component // Certificate of official registration of computer software № 2015615826 from May 25, 2015.



УДК 339.138

EYE TRACKING: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ, ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, РАЗНОВИДНОСТИ И БУДУЩЕЕ ТЕХНОЛОГИИ

EYE TRACKING: HISTORY OF DEVELOPMENT, APPLICATIONS, VARIATIONS AND FUTURE OF TECHNOLOGY

Козловская Алина Дмитриевна

студентка направления подготовки 09.03.04
«Программная инженерия»,
института компьютерных систем и
информационной безопасности,
Кубанский государственный технологический университет

Статова Елизавета Викторовна

студентка направления подготовки 09.03.04
«Программная инженерия»,
института компьютерных систем и
информационной безопасности,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В статье рассматривается и описывается инструмент, который помогает людям, занимающимся маркетингом, увеличить спрос на продукт. Целью работы является познакомиться с методом, позволяющим распознавать, наблюдать и записывать движения глаз. Задача данной технологии, прежде всего, отслеживать взгляд пользователя. В последнее время данная система применяется и в медицине, чтобы люди с ограниченными возможностями могли жить более полноценной жизнью. История создания уходит в XIX век, когда были возможны тестирования исключительно методом наблюдения. Также в статье рассмотрены несколько видов системы и их лидеры на рынке.

Ключевые слова: eye tracking; новая технология; область применения; история и разновидности технологии; будущее технологии.

Kozlovskaya Alina Dmitrievna

Student Training Direction 09.03.04
«Software engineering»,
Institute of Computer Systems and
Information Security,
Kuban State Technological University

Statova Elizaveta Viktorovna

Student Training Direction 09.03.04
«Software engineering»,
Institute of Computer Systems and
Information Security,
Kuban State Technological University

Annotation. This article discusses and describes a tool that helps marketers increase demand for a product. The purpose of the work is to get acquainted with a method that allows you to recognize, observe and record eye movements. The task of this technology, first of all, is to track the user's gaze. Recently, this system has also been used in medicine so that people with disabilities can live more fulfilling lives. The history of creation goes back to the XIX century, when testing was possible exclusively by observation. Also, the article discusses several types of systems and their leaders in the market.

Keywords: eye tracking; new technology; application area; history and types of technology; the future of technology.

Когда потенциальный покупатель приходит в магазин, ему в первую очередь кидаются яркие, привлекающие взгляд, вещи, расположенные на уровне его глаз, но когда он начинает рассматривать другие товары – он теряет интерес. В таких ситуациях люди обычно покупают либо то, что привлекло их взгляд, либо то, что им советует консультант.

В каждой компании есть специалисты, маркетологи и менеджеры по продажам, которые занимаются анализом спроса на товар и рынков сбыта товара, они определяют, стоит ли выпускать и продавать определённый товар. Такие специалисты делают дизайны упаковок товаров, которые привлекают внимание и бросаются в глаза. Они используют специальные приспособления для определения спроса на продукт. Очень часто люди, занимающиеся маркетингом, пользуются системой под названием Eye tracking, которая позволяет определять, на каких вещах человек концентрирует своё внимание.

Eye tracking – это система, определяющая положения и фиксации человеческого взгляда. С помощью данной системы анализируются рекламы, расположение на сайте разных элементов и многое другое. Кроме того, данная технология недавно была применена как помощь людям с умственными и физическими отклонениями жить более насыщенной и независимой жизнью. Eye tracking применяется для управления компьютером с помощью взгляда вместо использования клавиатуры или мыши. Таким образом, люди, имеющие проблемы с опорно-двигательным аппаратом, могут управлять взглядом и жить практически полноценной жизнью, не прибегая к помощи посторонних.

На данный момент это оборудование всё больше и больше развивается. Его разработки начались ещё в конце 19 века, но тогда исследования проводились исключительно методом наблюдения. Первое подобное устройство было создано в 1950 году русским учёным Альфредом Лукьяновичем Ярбусом. Для отслеживания перемещения взгляда на глазное яблоко крепилось маленькое зеркало;



отражаемый луч, который, повторяя траекторию движения зрачка, рисовал узор на листе бумаги. В то время данная технология использовалась только для исследования скорости чтения и системы наведения военной техники. Ближе к 1980 году eye tracking начали применять в маркетинге для изучения поведения человека при просмотре рекламных объявлений. На сегодняшний день это одна из самых востребованных систем исследования у ведущих маркетинговых и дизайнерских агентств.

Принцип работы устройства достаточно прост. Для начала принципом калибровки исследуется глаз человека. Прибор анализирует отблеск света от глаза в процессе следования взглядом за определённым предметом. Затем эти данные объединяются с уникальной 3D моделью глаза пользователя и создаётся оптимальный образ eye tracking (рис. 1).

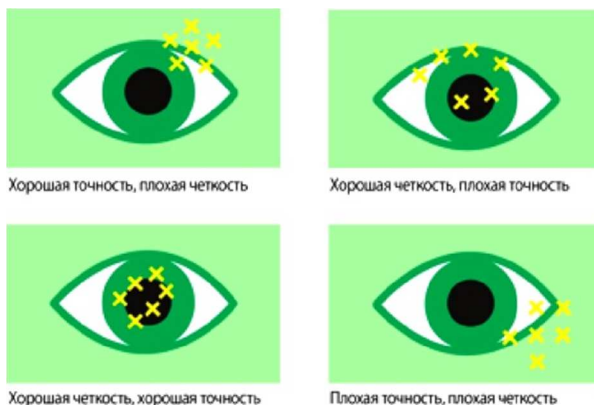


Рисунок 1 – Примеры калибровки взгляда

Информация, полученная с прибора, обрабатывается специальными программами, и выдаётся несколько вариантов визуализации внимания человека:

1. Тепловая карта – самый распространённый способ. На изображение, которое применялось при анализе, накладывается результат в виде цветowych пятен, чем цвет насыщенней, тем больше внимание привлекал этот элемент (рис. 2).

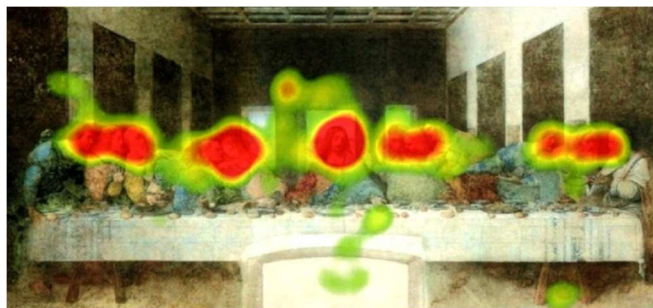


Рисунок 2 – Тепловая карта

2. Туманная карта – подвид тепловой карты. Изображение заливается чёрным цветом, а точки фиксации внимания остаются прозрачными (рис. 3).

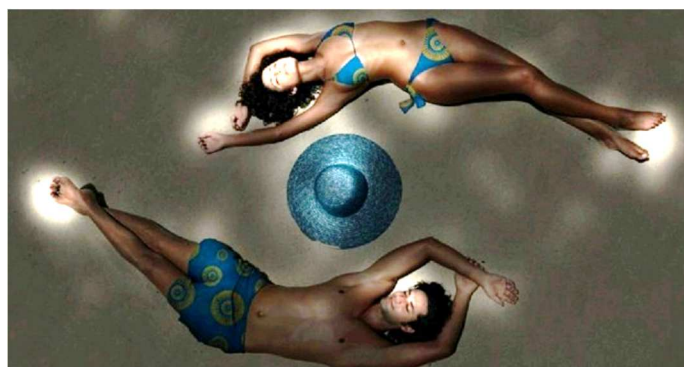


Рисунок 3 – Туманная карта



3. Карта перемещения взгляда – менее популярный способ, чем предыдущие. Она отражает не только то, какие точки привлекли взгляд испытуемого, но и траекторию его перемещения на другой привлекающий внимание объект (рис. 4).

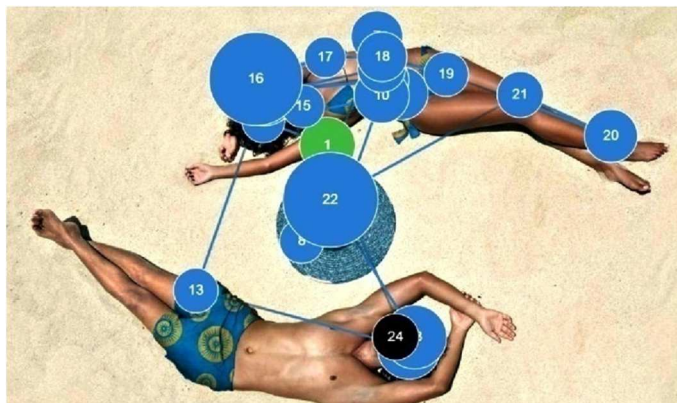


Рисунок 4 – Карта перемещения взгляда

Существует два типа приборов – надеваемый и дистанционный ай-трекеры. Eye tracker первого типа надевают на голову человека. Чаще всего он имеет вид специальных очков. Надеваемые ай-трекеры больше подходят для исследований мобильных устройств, витрин с товарами, рекламных буклетов и т.д. Проблема данного типа состоит в том, что невозможно привязать движение глаз к экрану монитора, т.к. голова человека не всегда может быть направлена на него и это требует трудоёмкую ручную работу по редактированию полученных видеозаписей зрительных маршрутов (рис. 5).



Рисунок 5 – Надеваемый eye tracker

Лидеры рынка надеваемых ай-трекеров: «Mobile eye tracking Tobii Glasses» (Швеция), «SMI Eye Tracking Glasses» (Германия), «Eye Mark Recorder EMR-9» (США) и т.д.

Дистанционный eye tracker имеет вид отдельных блоков, которые располагаются на столе под монитором компьютера, перед испытуемым, а также на подставке перед человеком и тестируемым устройством. В монитор компьютера вмонтированы несколько камер и инфракрасные лампы. Лучи, направленные на глаза испытуемого, создают на поверхности роговицы блики, по ним и фокусируются камеры. Затем компьютер рассчитывает угол зрения и записывает полученную информацию. Преимущество данного типа состоит в том, что результаты можно получить для каждой страницы сайта или экрана программы, а также в аппараты добавляется допустимый диапазон движения головы, т.е. человек может отклонять голову на определённое расстояние и это будет фиксироваться (рис. 6).



Рисунок 6 – Дистанционный eye tracker



Лидеры рынка дистанционных ай-трекеров: «Tobii X2» (Швеция), «Tobii TX300» (Швеция), «SMI Red» (Германия), «SMI Red-m» (Германия) и т.д.

Профессиональная система eye tracking зачастую очень дорогая, но на данный момент разрабатываются два бюджетных варианта, предназначенные для обычного пользователя. Разработчики обещают достаточно низкую стоимость (приблизительно 100 \$) – это датская фирма «The Eye Tribe» (они заявили цену от 99 \$) и фирма «Tobii» (она планирует выпуск в ближайшем будущем по цене 95 \$).

Система eye tracking на данный момент очень быстро развивается и всё больше и больше начинает использоваться в разных сферах жизни, а сами ай-трекеры становятся всё более доступными по цене. По своим возможностям они становятся практичнее для тестирований разнообразных продуктов и помощи людям с ограниченными возможностями.

Литература:

1. Принцип работы системы eye tracking [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.tobii.ru/informatsiya/>
2. Общие сведения о системе eye tracking [Электронный ресурс]. – URL : https://vitrocommerc.ru/katalog/programmnoe_obespechenie_dlya_obucheniya/ajtrekking
3. Типы приборов [Электронный ресурс]. – URL : <https://in-scale.ru/blog/ajtreking>
4. Виды, лидеры на рынке и перспективы развития [Электронный ресурс]. – URL : <https://usabilitylab.ru/blog/obzor-modelej-aj-trekerov/>
5. Ализада А.В., Мурадли В.А. Информационно-искусственный интеллект // Булатовские чтения. – 2020. – С. 37–38.

References:

1. Principle of eye tracking system [Electronic resource]. – URL : <https://www.tobii.ru/informatsiya/>
2. General information about the eye tracking system [Electronic resource]. – URL : https://vitrocommerc.ru/katalog/programmnoe_obespechenie_dlya_obucheniya/ajtrekking
3. Device types [Electronic resource]. – URL : <https://in-scale.ru/blog/ajtreking>
4. Types, market leaders and development prospects [Electronic resource]. – URL : <https://usabilitylab.ru/blog/obzor-modelej-aj-trekerov/>
5. Alizada A.V., Muradli V.A. Information-artificial intelligence // Bulatov readings. – 2020. – P. 37–38.



УДК 622

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДОБЫЧИ ГАЗА В ЕГИПТЕ

EQUIPMENT FOR GAS PRODUCTION IN EGYPT

Кхамис Мохамид Али

студент,
Пермский национальный исследовательский университет

Алдулаими Хусам Каксим

студент,
Пермский национальный исследовательский университет

Поплыгин Владимир Валерьевич

научный руководитель, канд. техн. наук, доцент,
Пермский национальный исследовательский университет

Аннотация. Нефть и газ – один из самых динамично развивающихся секторов Египта. Добыча углеводородов, безусловно, является крупнейшей отраслью промышленности в стране, составляя около 15 процентов от общего ВВП в 2019 году и 31 процент прямых иностранных инвестиций (ПИИ).

Ключевые слова: оборудование для добычи газа, министерство нефти и минеральных ресурсов египта, теплообменники, воздухоохладители, пылеуборники, регенерационные нагреватели воздуха, герметичные электрические насосы, обратные клапаны для газопроводов, очистка воды и очистка воды запорные клапаны.

Khamis Mohamid Ali

Student,
Perm National Research University

Aldulaimi Husam Kaksim

Student,
Perm National Research University

Poplygin Vladimir Valerievich

Supervisor, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Perm National Research University

Annotation. Oil and gas is one of the most dynamic sectors in Egypt. Hydrocarbon production is by far the largest single industrial activity in the country, representing around 15 percent of total GDP in 2019 and 31 percent of foreign direct investment (FDI).

Keywords: equipment for gas production, ministry of oil and mineral resources of egypt, heat exchangers, air coolers, dust collectors, regeneration air heaters, hermetic electric pumps, check valves for gas pipelines, water purification and water purification shut-off valves.

Введение

Нефть и газ – один из самых динамично развивающихся секторов Египта. Добыча углеводородов, безусловно, является крупнейшей отраслью промышленности в стране, составляя около 15 процентов от общего ВВП в 2019 году и 31 процент прямых иностранных инвестиций (ПИИ).

Египет обладает значительными энергетическими ресурсами, как в виде традиционных ископаемых видов топлива, так и в виде возобновляемых источников энергии. Доказанные запасы углеводородов страны на конец 2018 года составляли 3,3 миллиарда баррелей нефти и 77,2 триллиона кубических футов природного газа. Правительство Египта поощряет участие международных нефтяных компаний (МОК) в нефтегазовом секторе. В настоящее время в стране действуют более пятидесяти МОК. Египет надеется к 2022 году достичь самообеспеченности нефтепродуктами.

Египет играет жизненно важную роль на международных энергетических рынках через Суэцкий канал и Суэцко-Средиземноморский трубопровод (SUMED). Расширенный в 2015 году Суэцкий канал является важным транзитным маршрутом для транспортировки нефти и сжиженного природного газа (СПГ) на юг из Северной Африки, Европы и Северной Америки в Азию. Сборы, взимаемые за эксплуатацию этих двух транзитных пунктов, являются значительным источником доходов для правительства Египта.

Египет планирует инвестировать около 38 миллиардов долларов США в развитие нефтехимического сектора в течение следующих четырех лет. Нефтехимический сектор составляет около 12 процентов промышленного производства и приносит доход в размере 7 миллиардов долларов США, что эквивалентно почти 3 процентам ВВП. Египет обладает крупнейшими нефтеперерабатывающими мощностями в Африке с номинальной производительностью 840 000 баррелей в день (баррелей в сутки), хотя он работает значительно ниже этой мощности, при этом в 2019 году переработано 562 000 баррелей в сутки. НПЗ частного сектора также собирается начать производство.

Нефтяной промышленностью в Египте управляет Министерство нефти и минеральных ресурсов, в рамках которого действуют пять государственных компаний:

1. Египетская General Petroleum Corporation (EGPC)
2. Египетская газовая холдинговая компания (EGAS)
3. Египетская нефтехимическая холдинговая компания (ECHEM)
4. Холдинговая компания Ganoub El-Wadi (GANOPE)
5. Управление минеральных ресурсов Египта (EMRA)

С 1990-х годов египетское правительство приняло законы, направленные на привлечение международных, региональных и внутренних инвестиций. Эти законы направлены на регулирование правил и процедур, препятствующих производству и привлечению инвестиций.



Одной из проблем, которая по-прежнему мешает международным инвесторам в нефтегазовый сектор Египта, является долгая история задержек платежей от EGPC. Хотя правительство предприняло усилия по выплате оставшейся задолженности перед МОК, чтобы побудить больше иностранных партнеров инвестировать в разведку и разработку, оно продолжает задерживать выплаты. Правительство сократило задолженность до 1,2 млрд долларов США с 6,3 млрд долларов США по состоянию на июнь 2018 года и планирует погасить всю оставшуюся задолженность к концу 2020 года.

Egypt Petroleum Show (EGYPS) вот уже четвертый год является крупнейшей нефтегазовой выставкой в Северной Африке и Средиземноморском регионе. Он позволяет Египту продемонстрировать развитие и модернизацию своего нефтегазового сектора и его превращение в региональный энергетический центр, что является частью его стратегии устойчивого развития на 2030 год. EGYPS принимает сотни экспонентов, в том числе крупные международные нефтегазовые компании и десятки дачные беседки под одной крышей. В 2020 году выставка привлекла более 20 компаний США в качестве экспонентов и участников конференции. В нем приняли участие высокопоставленные представители министерств энергетики и штата США, Агентства США по торговле и развитию и Торговой палаты США.

В период с ноября 2013 года по февраль 2020 года Египет подписал около 83 сделок по разведке нефти и газа с международными нефтяными компаниями на сумму около 15,5 млрд долларов США. Он также предложил подписные бонусы в размере более 1 миллиарда долларов США за бурение 319 скважин. В 2020 году было подписано девять нефтяных соглашений о разведке нефти и газа в Средиземном, Красном море и Западной пустыне с минимальными инвестициями в размере около 452,3 миллиона долларов США.

Энергетические гиганты США, такие как ExxonMobil и Chevron, вошли в динамично развивающийся сектор добычи и добычи в Египте в 2019 году и выиграли дополнительные уступки в начале 2020 года.

Государственные инвестиции Египта в природный газ увеличились на 25 процентов в 2017 финансовом году, что на 33 процента больше, чем в предыдущем финансовом году. Нефтяные проекты не показали такой же благоприятной отдачи от инвестиций, но несколько транснациональных компаний объявили об обязательствах увеличить свои инвестиции до 10 миллиардов долларов США в 2018 / 2019 финансовом году.

В поддержку своих амбиций стать региональным энергетическим центром Египет в январе 2019 года начал Восточно-Средиземноморский газовый форум (EMGF). Семь членов-основателей – Египет, Израиль, Италия, Греция, Кипр, Иордания и Палестинская администрация – встретились в Январе 2020 года, чтобы парафировать проект устава EMGF, что еще на один шаг приблизит его к тому, чтобы стать официальной международной организацией. Кроме того, Египет извлекает выгоду из своих.

Возможности. В 2016 году Министерство нефти и минеральных ресурсов объявило пятилетний план модернизации нефтегазового сектора. Цель состоит в том, чтобы разработать и реализовать программу по увеличению вклада сектора в экономический рост страны и стать лидером, за которым могут последовать другие секторы. Этот план модернизации разделен на семь различных программ: привлечение инвестиций, структурная реформа сектора, управление персоналом, производительность последующих операций, эффективность добычи, стратегия концентратора и поддержка принятия решений и поток данных.

Производительность и энергоэффективность. Было определено более 20 проектов для повышения их эффективности. Министерство начало технико-экономические обоснования около шести проектов; ожидается, что они сэкономят более 120 миллионов долларов США. Инициативы по снижению энергопотребления выявили возможности с низкими затратами, такие как утилизация отходящего тепла и утилизация факельного газа.

Производительность разведки и добычи

Увеличивайте добычу нефти и газа, увеличивайте доказанные запасы, улучшайте показатели извлечения и рентабельность.

Есть конкуренция, и система закупок осуществляется через открытые тендеры. Лица, принимающие решения, оценивают предложения по их техническим и коммерческим достоинствам.

Лучшие перспективы для экспортеров США У американских компаний есть возможности в области разведки, оказания услуг, субподряда, закупок и инженерных услуг, а также в нефтехимическом секторе.

Министерство нефти и минеральных ресурсов открыто для предложений и рекомендаций, новых технологий и процессов.

Тендеры: Министерство объявляет тендеры, если они запрашивают консультантов для технико-экономических обоснований, ЕРС, новых концессий, модернизации нефтеперерабатывающих заводов, лицензирования нефтехимии и других связанных проектов. Министерство также может напрямую предоставлять концессии.

Теплообменники:

- Типы производимых судов;
- Кожухотрубные теплообменники со стационарной трубной решеткой;
- Теплообменники с плавающей головкой;
- Спиральные теплообменники;
- Теплообменники типа Helix;
- Ребойлеры;



- Котлы;
- Термосифонные испарители;
- Конденсаторы хладагента;
- Вакуумные конденсаторы;
- Испарители с паровым пространством и трубными пучками;
- Теплообменники типа «труба в трубе».

Технические характеристики

- Диаметр корпуса: 325 мм и более;
- Температура: от –70 до +950 °С;
- Номинальное давление: до 16 МПа;
- Материал: углеродистая и нержавеющая сталь, титановые сплавы, железоникелевые сплавы.

Танковые суда. Сосуды используются в технологических установках для газовой, нефтяной, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и других отраслей промышленности, включая легковоспламеняющиеся и опасные среды.

Типы судового оборудования:

- Суда эксплуатируются под давлением до 70 МПа, до 1000 м³.
- Горизонтальные и вертикальные емкости для жидких сред
- Вертикальные сосуды для воздуха и газов.
- Испарители
- Технические характеристики
- Объем: до 300 м³
- Диаметр: до 3 800 мм.
- Номинальное давление: до 70 МПа
- Температура: от –70 до +950 °С
- Материал: углеродистая и нержавеющая сталь, железо-никелевые сплавы.

Воздухоохладители. Воздухоохладители предназначены для охлаждения жидких и газообразных сред, нагреваемых в технологическом цикле различных видов продукции. При реконструкции производятся воздухоохладители для новых и старых производств. Возможна поставка отдельных секций теплообмена.

Технические характеристики:

Cooler type	AVG-85MG	AVG-100	AVG-120	AVG	2AVG	AVG-BM	AVZ	AVZD	AVM
Operating pressure inlet	8,5	10,0	12,0	0,6 to 16	0,6 to 10,0	0,6 to 10,0	0,6 to 10,0	0,6 to 10,0	0,6 to 6,3 Мпа
Temperature design		60				40 to 700 °C			
Rib type	B1	B1 Al knurl	B1			B1, B2, B3, B4, B5 Al weave, steel band weave with HF current			

Пылеуборники. Пылеуловители предназначены для очистки природного газа от механических примесей и жидкости на компрессорных станциях магистральных газопроводов.

Технические характеристики:

	CPU-5,4	CPU-7,4	CPU-8,4	CPU-9,8	CPU-11,8
Расчетное давление	5,4	7,4	8,4	9,81	11,8
Рабочее давление	5,4	7,35	8,34	9,81	11,78
Гидравлическое испытательное давление	6,9	9,5	10,8	12,6	15,1
Номинальный диаметр патрубков входа / выхода газа	500–700	700	700	500–700	700
Номинальная производительность, млн нм / сутки	5–20	20–30	20	5–30	30
Степень очистки газа от твердых частиц диаметром, μm					
– 5 to 10 μm	94 %	94 %	94 %	94 %	94 %
– 10 to 20 μm	96 %	96 %	96 %	96 %	96 %
– 20 μm max	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Степень очистки газа от капиллярной жидкости	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Допуск на коррозию, мм	2	2	2	2	2
Масса, т, не более (без вспомогательного оборудования)	6,8–15,3	18,7–20,0	20	9,2–23,4	31,2
Масса гидравлического испытания, т, не более	12,5–22,9	27,2–32,3	28,3	14,0–32,8	43,8



Регенерационные нагреватели воздуха. Трубчатые регенеративные воздухоподогреватели для газотурбинных установок компрессорных станций магистральных газопроводов изготавливаются для замены пластинчатых регенераторов с истекшим сроком службы.

Технические характеристики:

Регенератор, обозначение	RVP-3600-02 (RVP-3600-01)	RVP-2400 RVP-2400-1	RGU-1800-01 (RGU-1800)	RVP-3600-03	RGU-1800-02	RVP-3600-04	RVP-3000EC-01 (RVP-3000EC)	RVP-3000EC-02
Тип объекта	GTK-10-4	GT-750-6 GT-750-6M	GTK-10-4	GTK-10-4	GTK-10-4	GTK-10-4	GTK-10-4	GTK-10-4
Регенерация степень, μ	0,81	0,8	0,73 (0,68–0,7)	0,815	0,73	0,815	0,73	0,776
Общий коэффициент прочности, %	4,63 (4,42)	3,57 (4)	5 (4,17)	5	5,5	5	5	4,04
Вес секций, т	53 (50)	34(32)	23,5 (24)	48	23,5	42,7	4 x 5,5 = 22 2 x 11 = 22 4 x 7 = 28	13,5 + 13 = 26,5
Тип макета	Vert.	Horizont. Vert.	Horizont	Vert.	Horizont	Vert.		Modular
Отработанное тепло, тип обменника	UTB-1,5-0,6 or UTB-1,5-0,6-130	UTB-1,75-0,7 or UTB-1,2-1,2-115	UT-1,5-0,6; UT-2,5-0,6(M); UT-1,7-1,2-11	UTB-1,5-0,6; UTB-1,5-0,6-130	-	UTB-1,5-0,6 or UTB-1,5-0,6-130	Standard waste heat exchanger or UT-2,5-0,6(M); UT-1,7-1,2-11(-)	

Типы регенераторов:

- Трубчатый: вертикальный и горизонтальный
- Модульный

Герметичные электрические насосы. Концепция герметичных электронасосов представляет собой наиболее последовательный подход, предназначенный для создания насосов нового поколения, которые будут использоваться при перекачивании взрывчатых веществ, легковоспламеняющиеся, токсичные, агрессивные жидкости, сжиженные газы для нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической, газовой и других отраслей промышленности.

Модельный ряд электронасосов:

Pump	Rated feed, m ³ /h	Rated head, M	NPSH, m, min	Design pressure, MPa	Temperature of pumped fluid, °C, max	Motor power, kW	Weight, Kg
KhGN-1	210	220	5	3,5	90	300	4700
GEN 170/190	170	170	4	3	180	120	3900
GEN 60/150	60	165	2	3	350	120	3900
GEN 80/220M	80	220	2	3	350	120	3900
GEN 50/400	50	400	3	4	90	120	3500
GEN 400/170	400	170	5	4	-30 ... +50	300	3200
GEN 50/125-02	50	125	3	4	-30 ... +50	44	900
GEN 50/125-03	50	150	3	4	20	44	900
GEN 50/125-04	50	100	3	4	-30 ... +50	44	900
GEN 100/80	100	80	4	4	20	44	900
GEN 100/80-01	100	70	4	4	20	44	900
GEN 50/250	50	250	3	4	20	65	1300
GEN 50/250-01	50	270	3	4	-30 ... +50	65	1300
GEN 50/250-02	50	300	3	4	20	65	1300
GEN 100/500	100	500	3	4	20	300	3200
GEN 50/125-01	50	125	3	4	50	44	1100
GEN 90/100-01	100	100	3	4	50	44	1100
GEN 130/60-01	130	60	4	4	50	44	1100
GEN 170/190-01	170	200	4	4	50	120	4170



GEN 170/190-03	170	140	4	4	50	120	4170
GEN 50/50	50	50	3	2.5	50	22	620
GEN 25/80	25	80	3	2.5	50	22	620
GEN 50/50-01	50	50	3	2.5	350	22	1000
GEN 25/80-01	25	80	3	2.5	350	22	1000
GEN 10/40	12	45	2	2.5	90	5	170

Обратные клапаны для газопроводов

Заявка	Стабильность работы. Клапаны плавно реагируют на давление изменение. Конструкция со вспомогательными пружинами обеспечивает быстрое и плавное закрытие и легкое открытие под давлением падение 0,01 МПа. Защита магистральных газопроводов, компрессоров и насосов от рабочей жидкости обратный поток.
Диапазон номинального давления PN	8 to 16 Мра
Диапазон номинального диаметра DN	100 to 1400 mm
Штуто классы	A, G per GOST R 54808-2011

Очистка воды и очистка воды запорные клапаны. Запорная и регулирующая арматура чешской компании Агако предназначена для использования в нефтегазовой отрасли. Клапаны изготавливаются в соответствии со стандартами ČSN, DIN, EN, ANSI. В ассортименте компании арматура из углеродистой, легированной и нержавеющей стали. Ассортимент продукции компании включает запорные и обратные клапаны, сильфонные клапаны, быстродействующие клапаны, фильтры, сливные и продувочные клапаны, задвижки, обратные клапаны, шаровые краны

Задвижки	Запорные и регулирующие клапаны			Слить и Взорвать	Обратные клапаны		Проверить ворота	Шаровые краны	Фильтры
				Valves			Valves		
	High pressure gate valves	Low pressure gate valves	Shutoff and control valves and bellows Valves	High Pressure Shutoff Valves	Слить и and blow down valves	Check valves	Проверить ворота Клапаны	Ball valves	Фильтры
DN	50–350	40–500	15–200	10–150	10–50	10–200	50–400	10–150	10–150
PN	160–500	10(6)–100	10–40	63–830	63–500	10–830	10–830		10–160
Minimum operating temperature, °C	-50	-105	(-196) -50	-196	(-196) -10	-196	-105	-196	-196
Maximum operation temperature, °C	600	540	400	650	580	600	540	200	550
Application	Gas, water etc.	Gas, steam, water, oil, oil products, corrosive and non-corrosive media etc.	Gas, steam, water, oil, oil products, corrosive and non-corrosive media etc.	Gas, steam, water, oil, oil products, Corrosive and non-Corrosive media etc.	Steam, waste water, gas, steam, water, oil, oil products, corrosive and non-corrosive media etc.	Gas, steam, water, oil, oil products, corrosive and non-corrosive media etc.	Gas, steam, water, oil, oil products, Corrosive and non-corrosive media etc.	Gas, water, oil, oil products, corrosive and non-corrosive media etc.	

Литература:

1. Веб-сайт wikipedia. – URL : <https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A5%D9%86%D8%A8%D9%8A>
2. Веб-сайт enppi. – URL : <https://www.enppi.com/>
3. Веб-сайт Министерства нефти и минеральных ресурсов Египта. – URL : <https://www.petroleum.gov.eg/ar-eg/Pages/HomePage.aspx>
4. URL : www.aem-group.ru/en/

References:

1. Website wikipedia. – URL : <https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A5%D9%86%D8%A8%D9%8A>
2. Website enppi. – URL : <https://www.enppi.com/>
3. Egypt Ministry of petroleum and mineral resources website. – URL : <https://www.petroleum.gov.eg/ar-eg/Pages/HomePage.aspx>
4. URL : www.aem-group.ru/en/



УДК 66.048.3.069.835

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ И МАССООБМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛАПАННЫХ ТАРЕЛОК НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CFD АНАЛИЗА

STUDY OF HYDRODYNAMIC AND MASS TRANSFER CHARACTERISTICS OF VALVE TRAYS ON A LABORATORY BENCH USING CFD ANALYSIS

Литовских Данил Львович

магистрант
кафедры нефтехимии и химической технологии,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
litovskihdanil@gmail.com

Чуракова Светлана Константиновна

доктор технических наук, профессор,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
churakovack@rambler.ru

Аннотация. Данная статья посвящена обзору и апробации лабораторного стенда на клапанных тарелках. Расчет тепло-массообменных характеристик. Расчет перепада давления на сухое контактное устройство методом CFD анализа.

Ключевые слова: ректификация, клапанные тарелки, массообменные характеристики, гидродинамика, CFD.

Litovskikh Danil Lvovich

Under-Graduate of Department of
Petrochemistry and Chemical Technology,
Ufa State Petroleum Technological University
litovskihdanil@gmail.com

Churakova Svetlana Konstantinovna

Doctor of technical Sciences, Professor,
Ufa State Petroleum Technological University
churakovack@rambler.ru

Annotation. This article is devoted to the review and testing of a laboratory bench on valve trays. Calculation of heat and mass transfer characteristics. Calculation of pressure drop across a dry contact device by CFD analysis.

Keywords: rectification, valve plates, mass transfer characteristics, hydrodynamics, CFD.

Наибольшее влияние на эффективность массопереноса оказывают гидродинамические и конструктивные факторы, определяющие интенсивность и характер взаимодействия контактирующих фаз [1]. Коэффициент массопередачи отражает уровень интенсификации процесса: чем больше величина K , тем меньших размеров требуется аппарат для передачи заданного количества вещества. С точки зрения оценки энергозатрат на процесс массообмена представляет интерес также изучение перепада давления на контактные устройства.

Наиболее широкое распространение в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности получили клапанные тарелки имеют. Основные преимущества этих тарелок – способность обеспечить эффективный массообмен в большом интервале рабочих нагрузок, несложность конструкции, низкая металлоемкость и невысокая стоимость [2].

Рассмотрим лабораторный стенд на котором проводилось исследование гидродинамических и массообменных характеристик клапанных тарелок. Он представляет из себя цилиндрическую ректификационную колонну диаметром 200 мм, с 3-мя тарелками. Испытания проводились на системе вода-воздух. Есть возможность устанавливать различные тарелки в данный аппарат, что говорит об универсальности данной лабораторной установки. На рисунке 1 представлена схема лабораторной установки [3].

Установка позволяет замерить: температуры сред на входе и на выходе, влагосодержание воздуха на входе и на выходе. Регулируемыми параметрами выступают расход воздуха и воды.

Для проведения лабораторного эксперимента были созданы опытные образцы клапанных тарелок. Тарелка представляет собой полотно с диаметром 230 мм и 4 подвижными клапанами.

Опытные данные представлены в таблице 1.

Определение массообменных характеристик осуществлялось по влагосодержанию воздуха на входе и выходе в колонну, объемный расход и скорость воздуха.

$$y = 0,622 \frac{\varphi P_c}{B - \varphi P_c}, \quad (1)$$

где φ – влагосодержание, %;
 P_c – давление насыщенных водяных паров, мм.рт.ст.;
 B – барометрическое давление, мм.рт.ст.

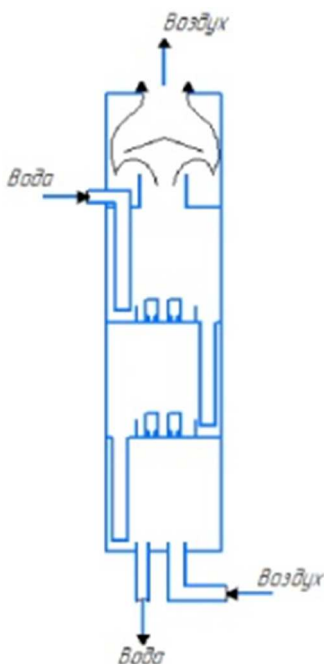


Рисунок 1 – Схема лабораторного стенда

Таблица 1 – Опытные данные

№ п/п	ΔP _д , Па	Воздух				Вода	
		t _{гн} , °C	φ _н , %	t _{гк} , °C	φ _к , %	t _{жн} , °C	t _{жк} , °C
1	120	24,8	44,3	16,4	74,4	15,9	15,5
2	646	24,9	44	16,6	75,2	17,4	15,6
3	963	25,9	42	16,8	74,6	18	16
4	1400	27,6	39,5	17,4	74,1	18,4	16,5
5	1650	29,1	36,6	18,4	73,1	19,6	17,7
6	2360	30,9	34,6	19,5	71,6	20,3	18,7

$$V = \sqrt{2\Delta P}, \tag{2}$$

где ΔP – перепад давления на диафрагме, Па.

$$\omega = \frac{4V}{\pi \cdot 0,2^2 \cdot 3600}. \tag{3}$$

Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета влагосодержания

№ п/п	Объемный расход воздуха V, м ³ /ч	Скорость воздуха на свободное сечение ω, м/с	Массовый расход воздуха G, кг/ч	У _н	У _{рн}	У _к	У _{рк}
1	21,91	0,19	25,90	0,0088	0,0163	0,0088	0,0118
2	50,83	0,45	60,09	0,0087	0,0172	0,0090	0,0120
3	62,06	0,55	73,37	0,0089	0,0215	0,0090	0,0121
4	81,24	0,72	96,03	0,0093	0,0261	0,0098	0,0135
5	97,16	0,86	114,85	0,0098	0,0291	0,0103	0,0144

Далее была определена средневдвижущая сила тепло и массообмена, количество испарившейся воды, и коэффициенты массо- и теплопередачи. Результаты расчета представлены в таблице 3.



Таблица 3 – Результаты эксперимента

№ п/п	Массовый расход испарившейся влаги $L_{и}$, кг/ч	Средняя движущая сила $\Delta t_{ср}$, кг вл./кг сух. возд.	Средняя движущая сила $\Delta t_{ср}$, °C	Коэффициент массопередачи $K_{усп}$	Коэффициент теплопередачи K_T
1	0,0002	0,00497	3,60	0,72	1215,70
2	0,0136	0,00529	3,72	51,46	2693,41
3	0,0113	0,00682	3,62	75,00	3709,77
4	0,0444	0,00864	3,83	102,84	5386,04
5	0,0568	0,00988	4,18	114,84	6289,76

На рисунке 2 представлена полученная нами зависимость коэффициента массопередачи от расхода воздуха в колонну.

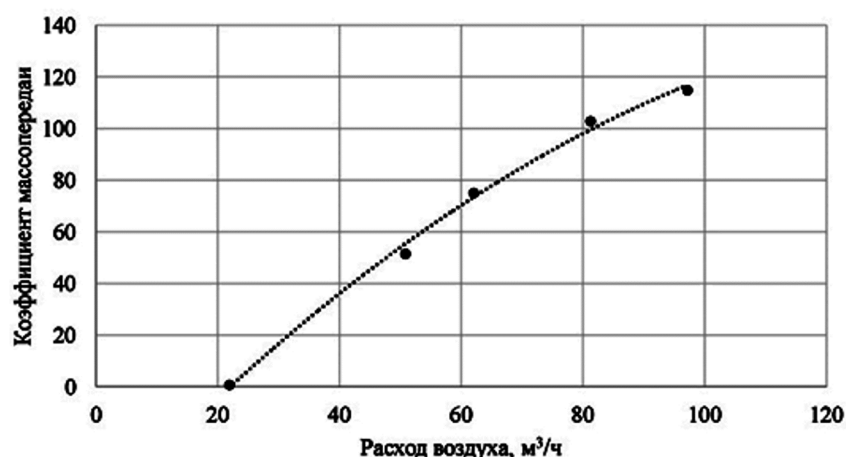


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента массопередачи от расхода воздуха при постоянных жидкостных нагрузках

Из рисунка 2, видно, что чем больше расход воздуха, тем выше коэффициент массопередачи, тем выше эффективность контактного устройства. Характер экспериментальной зависимости напоминает линейный, что свидетельствует о правильности выполнения лабораторного эксперимента.

С целью определения гидравлических характеристик клапанных тарелок было произведено моделирование данного тарельчатого контактного устройства в программном комплексе ANSYS Fluent.

Решение задачи производилось в шесть этапов. При проведении эксперимента было установлено, какие клапаны открываются при каждом опыте и на сколько. Поэтому каждый опыт является самостоятельным расчетом.

Внешний вид модели тарелки представлен на рисунке 3. [4]

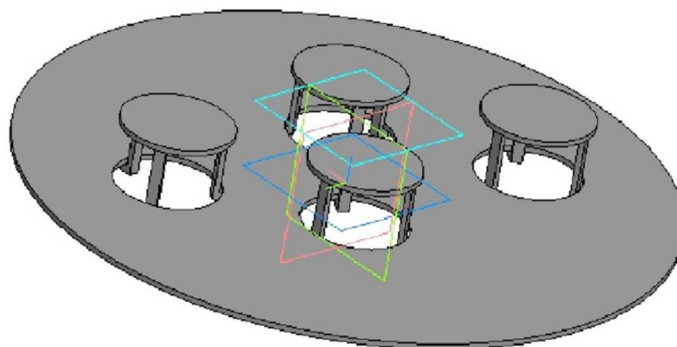


Рисунок 3 – Клапанная тарелка с подвижным круглым клапаном(лабораторная)

Расчет перепада давления был произведён на сухое контактное устройство. В качестве граничных условиях на входе было задана скорость воздуха, на выходе давление. Результаты расчета представлены в таблице 4.



Таблица 4 – Результаты расчета перепада давления клапанной тарелки

w м/с	Рвх, Па	Рвых, Па	ΔР, Па	F
0,19	101547	101325	221,7	2,1
0,45	101576	101325	251,2	4,98
0,55	101607	101325	281,9	6,09
0,72	101778	101325	452,8	7,97
0,86	102461	101325	1136,2	9,52

Построим зависимость перепада давления от F-фактора на сухом контактном устройстве (рис. 4).

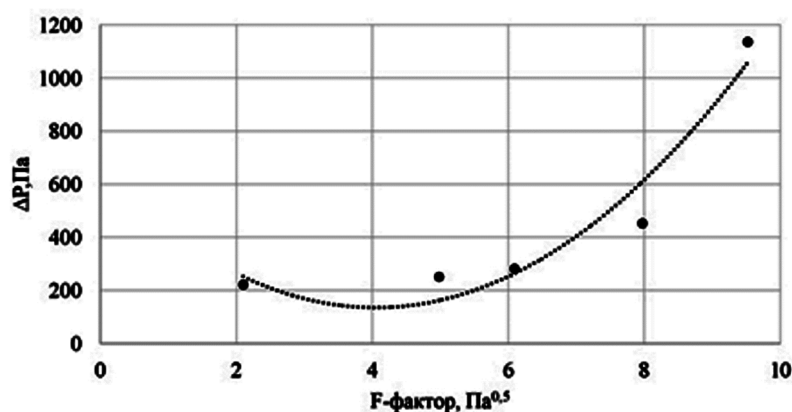


Рисунок 4 – Зависимость перепада давления на контактном устройстве от F-фактора на сухом контактном устройстве

Получено аппроксимирующее уравнение средствами MS Excel для расчета перепада давления на сухой клапанной тарелке от F-фактора.

$$\Delta P = 30,811F^2 - 249,52F + 640,38 \tag{4}$$

Коэффициент детерминации R² составляет 0,9324

Таким образом, использование совместного лабораторно-математического подхода с применением моделирования в среде ANSYS Fluent к исследованию клапанных тарелок позволило оценить их массообменные и гидравлические характеристики.

Литература:

1. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии / А.И. Скобло [и др.]. – М. : Недра-Бизнесцентр, 2000. – 677 с.
2. Майтам Д.Н. Сопоставление основных характеристик клапанной тарелки новой конструкции и прямой тарелки // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – Полоцк, 2017. – № 11 – С. 111–121.
3. Баранов Д.Н., Сидельников И.И. Методические указания к лабораторной работе: «Определение коэффициентов массо- и теплопередачи при контакте воздуха и воды на колпачковых тарелках массообменных колонных аппаратов». – М. : МГМУ, 2014. – 17 с.
4. Отраслевой стандарт ОСТ 26-01-1488-83 «Аппараты колонные тарельчатые. Метод технологического и гидродинамического расчета». 4. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – 13-е изд. – М. : Альянс, 2006. – С. 752–784, 830.

References:

1. Processes and apparatuses of oil and gas refining and petrochemistry / A.I. Skoblo [et al.]. – M. : Nedra-Business-Center, 2000. – 677 p.
2. Maitam D.N. Comparison of the main characteristics of a valve plate of a new design and a straight-flow valve plate // Vestnik of Polotsk State University. Series B. Industry. Applied sciences. – Polotsk, 2017. – № 11. – P. 111–121.
3. Baranov D.N., Sidelnikov I.I. Methodological instructions for laboratory work: «Determination of mass and heat transfer coefficients at the contact of air and water on the bell-shaped plates of mass exchange columns». – M. : MGMU, 2014. – 17 p.
4. Industry standard OST 26-01-1488-83 «Column disc apparatuses. Technological and hydrodynamic calculation method». 4. Kasatkin A.G. Basic processes and devices of chemical technology. – 13-th ed. – M. : Alliance, 2006. – P. 752–784, 830.



УДК 621.31, 62-83, 621.313.33

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И РЕШЕНИЯ ПО УТИЛИЗАЦИИ ЛОПАСТЕЙ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

MODERN METHODS AND SOLUTIONS FOR UTILIZATION OF WINDMILL BLADES

Ляшенко Андрей Михайлович

Кубанский государственный технологический университет

Афанасьев Виктор Леонидович

Кубанский государственный технологический университет

Махинько Владислав Сергеевич

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В статье показан анализ современных методов и решений по утилизации лопастей ветроэлектрических установок.

Ключевые слова: моделирование, электроприемник, электрический генератор, электрическая машина, ветроэлектрические установки, экология.

Lyashenko Andrey Mikhaylovich

Kuban State Technological University

Afanasiev Viktor Leonidovich

Kuban State Technological University

Mahinko Vladislav Sergeyeovich

Kuban State Technological University

Annotation. The article shows the analysis of problems of creation and ecological operation of electric receivers using the example of wind power plants.

Keywords: simulation, electric receiver, electric generator, electric machine, wind-electric plants, ecology.

Для ветроэнергетики в выработке мировой электроэнергии постепенно возрастает [1]. Для успешного развития ветроэнергетики необходимо создание новых типов электрических комплексов [2, 3] и электромеханических систем [4, 5]. Для этого необходимы новые подходы [6, 7] и методы [8, 9] для расчета параметров [10]: электромагнитной системы [11, 12] и электромагнитных величин [13, 14], электромагнитную энергию [15, 16] и момент [17, 18]. Аналитически такая задача решается довольно трудно. Для этого разрабатывают программы расчета параметров и моделирования электромагнитных процессов [19].

На сегодняшний день во всем мире люди сталкиваются с проблемой утилизации ветроэлектрических установок. Из чего же они выполнены, что их так сложно и проблемно утилизировать? Лопастей ветроэлектрических установок выполнены из волокнисто-полимерного композита, который способен выдерживать сильнейшие порывы ветра и не разрушаться под его воздействием.

В естественной среде материал, из которого изготавливают лопасти ветроэлектрических установок, практически не подвержен разложению в естественной среде. На сегодняшний день есть несколько способов утилизации лопастей.

Первый и самый «грязный» способ – это захоронение лопастей ветроэлектрических установок под землей. В США из эксплуатации ежегодно выводится около 8000 лопастей. По окончании срока службы ветряных турбин лопасти необходимо разрезать промышленными пилами на маленькие куски, чтобы их можно было разместить на прицепе с плоской платформой, и вывезти на мусорную свалку. Кроме свалки мусора в Каспере, выброшенные лопасти принимают еще в Лейк-Миллсе, Айове и Су-Фолсе, Южной Дакоте. Как только лопасти оказываются в земле, они остаются там практически навсегда, так как не разлагаются со временем.

Второй способ – это измельчение лопастей в мелкие гранулы – так называемый рециклят. То есть лопасти разрезают на все более мелкие части, потом и их дробят, и полученный продукт служит наполнителем при производстве пластмасс или новых волокнистых композиционных материалов. Правда, это едва ли сможет полностью решить проблему утилизации лопастей, поскольку доля рециклята в новых продуктах не должна превышать 40 процентов. Возможно, именно это побудило одного из швейцарских производителей цемента предложить технологию, в которой термическая утилизация сочетается с рециклингом материала. Процесс производства цемента предполагает нагрев сырья до температуры в 1400 градусов Цельсия, и измельченные лопасти могут заменить уголь или мазут в качестве топлива, пусть и низкокалорийного. А из золы, остающейся после сгорания, можно извлечь еще и ряд материалов, обычно используемых в производстве цемента – например, песок.

Возможно, выходом из ситуации станет развитие стартапа, предложенного компанией Global Fibreglass Solutions. Его суть заключается в применении сверхвысоких температур, трансформирующих исходный материал в волокна. На втором этапе переработки они могут быть спрессованы в плиты и превращены, например, в напольные покрытия. По словам разработчиков, таким способом можно ути-



лизировать 99,9 % стандартной лопасти, а мощности одного завода хватит на то, чтобы переработать от 6 до 7 тысяч лопастей в год. Однако это лишь теория, а жители тех регионов мира, где в общем объеме генерации велика доля ветра, нуждаются в практическом воплощении подобного рода идей.



Рисунок 1 – Лопасти ветроэлектрических установок

Вдобавок к этому, специалисты работают над альтернативными технологиями переработки композитных лопастей, такими как: механическая рециркуляция, сольволиз и пиролиз. Успешные исследования в этих направлениях дадут возможность создавать безотходные ветровые турбины. Так, компания Vestas обещает наладить безотходное производство ветрогенераторов к 2040 году. Не осталась в стороне химическая и композитная промышленность – совместно с ветроэнергетическими корпорациями создана межотраслевая площадка, основой которой является ветроэнергетическое объединение WindEurope, Европейский совет химической промышленности Cefic и ассоциация EUCIA, производящая композитные материалы. Совместными усилиями корпорации ведут поиск новых способов утилизации и переработки лопастей ветряков.

Литература:

1. URL : <https://forpost-sz.ru/a/2020-10-13/vetroehnergetiku-nazvali-v-ssha-nepredvidennym-ehkologicheskim-koshmarom>
2. Карандей В.Ю., Попов Б.К. Управляемый каскадный электрический привод с жидкостным токосъемом // Патент на изобретение № 2461947 зарегистрировано 20.09.2012 г.
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. Токосъемное устройство // Патент на изобретение № 2370869 зарегистрировано 30.06.2008 г.
5. Сигнализирующее токосъемное устройство / В.Ю. Карандей [и др.] // Патент на изобретение № 2601958 от 27 июля 2015 г, зарегистрировано 18.10.2016 г.
6. 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.
7. 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.
8. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / O.B. Popova [et al.] // *Mediterranean journal of social sciences*. – 2015. – Vol 6. – № 6 S5. – P. 212–217.
9. Analysis of forecasting methods as a tool for information structuring in science research / O.B. Popova [et al.] // *British Journal of Applied Science & Technology*. – 2016. – Vol. 17. – P. 9–19. Doi: 10.9734/BJAST/2016/26353.
10. Intelligence amplification via language of choice description as a mathematical object (binary tree of question-answer system) / V.Yu. Karandey [et al.] // *Procedia-social and behavioral science*. – 2015. – Vol. 214. – P. 897–905.
11. Подход к определению магнитных параметров компонента управляемого каскадного асинхронного электрического привода / В.Ю. Карандей [и др.] // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]*. – 2015. – № 10 (114). – С. 182–201.
12. Разработка алгоритма расчета электромагнитных параметров статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода / В.Ю. Карандей [и др.] // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]*. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – № 06 (120). – С. 587–605. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/41.pdf>
13. Карандей В.Ю., Афанасьев В.Л. Mathematical modeling of special electric drives for the equipment of oil and gas branch // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]*. – 2017. – № 08 (132). – С. 926–940., Doi: 10.21515/1990-4665-132-072.
14. 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 [Электронный ресурс]. – 2017. – № 09 (133). – С. 1231–1248. Doi: 10.21515/1990-4665-133-105.

15. Karandey V.Yu., Popov B.K., Afanasyev V.L. Research of change of parameters of a magnetic flux of the stator and rotor of special electric drives // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). – 2018. – P. 8602911. Doi: 10.1109/FarEastCon.2018.8602911.

16. 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. – P. 69–74. Doi: 10.1109/PGSRET.2019.8882689.

17. Determination of power and moment on shaft of special asynchronous electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 327. – P. 052003. Doi:10.1088/1757-899X/327/5/052003.

18. 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.

19. Попов Б.К., Карандей В.Ю. Программа расчета токов статора и ротора в каскадном электрическом приводе // свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU № 2008614048, зарегистрировано 30.06.2008 г.

References:

1. URL : <https://forpost-sz.ru/a/2020-10-13/vetroehnergetiku-nazvali-v-ssha-nepredvidennym-ehkologicheskim-koshmarom>

2. Karandey V.Y., Popov B.K. Controlled cascade electric drive with liquid current collector // Invention patent № 2461947 registered 20.09.2012.

3. Afanasyev V.L., Karandey V.Y., Popov B.K. Controlled cascade electric drive // Utility model patent RU 191959 U1, 28.08.2019, application № 2019111630 dated 16.04.2019.

4. Karandey V.Y., Popov B.K. Current-carrying device // Patent for the invention № 2370869 registered 30.06.2008.

5. Signaling current-carrying device / V.Yu. Karandey [et al.] // Patent for invention № 2601958 dated July 27, 2015, registered 18.10.2016.

6. 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.

7. 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.

8. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / O.B. Popova [et al.] // Mediterranean journal of social sciences. – 2015. – Vol 6. – № 6 S5. – P. 212–217.

9. Analysis of forecasting methods as a tool for information structuring in science research / O.B. Popova [et al.] // British Journal of Applied Science & Technology. – 2016. – Vol. 17. – P. 9–19. Doi: 10.9734/BJAST/2016/26353.

10. Intelligence amplification via language of choice description as a mathematical object (binary tree of question-answer system) / V.Yu. Karandey [et al.] // Procedia-social and behavioral science. – 2015. – Vol. 214. – P. 897–905.

11. Approach to Determination of Magnetic Parameters of a Controlled Cascade Asynchronous Electric Drive Component / V.Yu. Karandey [et al.] // Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University [Electronic resource]. – 2015. – № 10 (114). – P. 182–201.

12. Development of an algorithm for calculating the electromagnetic parameters of the stator component of the controlled asynchronous cascade electric drive / V.Yu. Karandey [et al.] // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (Scientific Journal of KubGAU) [Electronic resource]. – Krasnodar : KubGAU, 2016. – № 06 (120). – P. 587–605. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/41.pdf>

13. Karandey V.Y., Afanasyev V.L. Mathematical modeling of special electric drives for the equipment of oil and gas branch // Mathematical Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University [Electronic resource]. – 2017. – № 08 (132). – P. 926–940., Doi: 10.21515/1990-4665-132-072.

14. Determination of magnetic parameters of the stator model component of the controlled asynchronous cascade electric drive of cylindrical design / V.Yu. Karandey [et al.] // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University [Electronic resource]. – 2017. – № 09 (133). – P. 1231–1248. Doi: 10.21515/1990-4665-133-105.

15. Karandey V.Yu., Popov B.K., Afanasyev V.L. Research of change of parameters of a magnetic flux of the stator and rotor of special electric drives // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). – 2018. – P. 8602911. Doi: 10.1109/FarEastCon.2018.8602911.

16. 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. – P. 69–74. Doi: 10.1109/PGSRET.2019.8882689.

17. Determination of power and moment on shaft of special asynchronous electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 327. – P. 052003. Doi:10.1088/1757-899X/327/5/052003.

18. 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.

19. Popov B.K., Karandey V.U. Software for Calculation of Stator and Rotor Currents in Cascade Electric Drive // Registration certificate for computer program RU № 2008614048, registered 30.06.2008.



УДК 621.31, 62-83, 621.313.33

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

PROBLEMS OF RECYCLING SOLAR PANELS

Махинько Владислав Сергеевич

Кубанский государственный технологический университет

Коваль Алексей Николаевич

Кубанский государственный технологический университет

Ляшенко Андрей Михайлович

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В статье показано, с какими проблемами придется сталкиваться ученым и экологами при утилизации солнечных панелей.

Ключевые слова: солнечные панели, экология, утилизация, электроэнергетика, электротехнические комплексы и системы.

Mahinko Vladislav Sergeyevich

Kuban State Technological University

Koval Aleksey Nikolaevich

Kuban State Technological University

Lyashenko Andrey Mikhaylovich

Kuban State Technological University

Annotation. The article shows what problems scientists and ecologists have to face when disposing of solar panels.

Keywords: solar panel, ecology, utilization, electric power, electrical complexes and systems.

Использование солнечных панелей в электроэнергетике имеет как положительные факторы, так и отрицательные [1, 2]. Применение солнечной энергетике имеет ряд особенностей, применительно к работе электротехнических и электромеханических устройств [3, 4] и компонентов [5, 6]. При работе устройств на солнечной энергии может влиять на оптимальные параметры работы [7, 8], такие как электромагнитная энергия [9, 10], мощности [11, 12] и момента на валу привода [13]. Для корректировки необходимы новые подходы [14, 15] и методы [16, 17] и программные комплексы [18, 19] моделирования [20].

В современном мире, солнечная энергетика – это молодая отрасль, которая быстро развивается и занимает перспективное место в добыче электроэнергии. Она является «чистым» способом выработки электроэнергии, поскольку во время ее работы процесса сжигания топлива не происходит. Но перед учеными-экологами из разных стран возникла серьезная проблема. Они выяснили, что срок эксплуатации сотни тысяч солнечных панелей, установленных на территории различных стран в начале 2000-х годов, постепенно подходит к концу. А технологии их утилизации так и не вошли в промышленное производство, поскольку обладают рядом существенных недостатков. Панель – самая большая деталь солнечной батареи и изготавливается, как правило, из стекла и токсичных элементов, а именно кремний, свинец, алюминий, серебро и медь. В итоге большая часть этого стекла, скорее всего, окажется на свалках, а вещества в них будут нести вред окружающей среде.

Основными недостатками солнечных панелей, помимо их высокой стоимости и длительному периоду окупаемости, относят плодотворность работы, которая зависит от погоды и климатических условий. К примеру, эффективность солнечных батарей может существенно снизиться в период пасмурной погоды или тумана. При наличии низкой температуры, зимой, КПД падает. Также отмечу необходимость больших площадей для установки панелей.

Сегодня объемы отходов солнечной энергетике невелики, поскольку отрасль молодая, а срок службы модулей обычно составляет 20–25 лет, а то и меньше в зависимости от природных явлений. В то же время в не таком уж далеком будущем нас ждет экспоненциальный рост этих объемов. Отходы солнечных батарей содержат токсичные элементы, которые могут просочиться в землю, если панели утилизируются на свалках. Более того, из-за этих элементов, рециркуляция солнечных батарей представляет собой проблему. Она заключается в том, что, хотя 76 процентов панели – это стекло, ее нельзя просто переработать, как любое другое стекло, из-за примесей. По мере того, как солнечная энергия используется все чаще, в том числе в домашних электростанциях, отходы от подобных устройств тоже растут.

Стекло от фотоэлектрических модулей можно повторно использовать в производстве остекления для домов. Однако, наибольшую ценность для переработки здесь представляют серебро и алюминий, которые имеют потенциальную выгоду от утилизации панелей, поскольку их запасы ограничены. В настоящее время существует грубая и тонкая переработка.

В грубой происходит извлечение материалов, составляющую основную массу модуля. А в тонкой переработки происходит извлечение практически всех химических элементов. В связи с тем, что сегодня объемы солнечных отходов невелики, модули в основном перерабатываются на заводах, предназначенных для переработки многослойного стекла, металлов или электронных отходов. В результате выделяются только основные материалы, в то время как солнечные ячейки и другие материалы, такие как пластмассы, сжигаются или отправляются на свалки.



Рисунок 1 – Солнечные панели

Поэтому пока этот вопрос не будет урегулирован, мы и дальше будем утилизировать на общий конвейер и не получать максимальную отдачу. В связи с этим, Европейский союз первым ввёл правила утилизации отходов солнечных электростанций – модули должны утилизироваться в соответствии с Директивой об отходах электрического и электронного оборудования (WEEE). С 2012 года положения Директивы WEEE были включены в национальное законодательство странами-членами Европейского союза, создав первый рынок, на котором переработка солнечных модулей обязательна. Американская компания First Solar еще в 2005 году создала глобальную программу по сбору и переработке своих солнечных модулей. Технология позволяет обеспечить повторное использование 90 % полупроводниковых материалов и стекла. Такая политика производителей обусловлена не только постоянным ужесточением требований регуляторов или «повышенной социальной ответственностью». Переработка солнечных модулей не лишена экономического смысла.

Но все же нельзя отворачиваться от солнечной электроэнергетики. Согласно прогнозам компании GTM Research, к 2050 году рынок вырастет до 15 млрд долларов в год, а из накопленного объема отходов можно будет произвести 2 млрд солнечных модулей (эквивалентно 630 ГВт). Также солнечные панели уже в ближайшие 30–40 лет смогут производить около 20 % мировой потребности электроэнергии.

Литература:

1. News.rambler.ru // Пора подумать об утилизации отработанных солнечных панелей. – URL : <https://news.rambler.ru/other/44957835-pora-podumat-ob-utilizatsii-otrabotannyh-solnechnyh-paneley/>
2. Electricalnet.ru / Глобальные проблемы солнечной электроэнергетики. – URL : <https://electricalnet.ru/blog/globalnye-problemy-solnechnoi-energetiki/>
3. Карандей В.Ю., Попов Б.К. Управляемый каскадный электрический привод с жидкостным токосъемом // Патент на изобретение № 2461947 зарегистрировано 20.09.2012 г.
4. 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.
5. Карандей В.Ю., Попов Б.К. Токосъемное устройство // Патент на изобретение № 2370869 зарегистрировано 30.06.2008 г.
6. Сигнализирующее токосъемное устройство / В.Ю. Карандей [и др.] // Патент на изобретение № 2601958 от 27 июля 2015 г, зарегистрировано 18.10.2016 г.
7. Research of electrical power processes for optimum modeling and design of special electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // Advances in Engineering Research conference proceedings. – 2018. – Vol. 157. – P. 242–247. doi:10.2991/aime-18.2018.47.
8. 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 [Электронный ресурс]. – 2017. – № 10 (134). – С. 1135–1151. Doi: 10.21515/1990-4665-134-092.
9. Карандей В.Ю. Разработка подхода к расчету магнитного потока одной катушечной группы обмотки статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода / В.Ю. Карандей [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – № 06 (120). – С. 563–574. – IDA [article ID]: 1201606039. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/39.pdf>
10. Карандей В.Ю., Карандей Ю.Ю., Афанасьев В.Л. Подход к определению магнитных параметров управляемого асинхронного каскадного электрического привода с уточненной геометрией // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – № 06 (120). – С. 575–586. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/40.pdf>
11. 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.



12. 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. – P. 69–74. Doi: 10.1109/PGSRET.2019.8882689.

13. Карандей В.Ю., Афанасьев В.Л. Mathematical modeling of special electric drives for the equipment of oil and gas branch // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрно-университета [Электронный ресурс]. – 2017. – № 08 (132). – С. 926–940., Doi: 10.21515/1990-4665-132-072.

14. 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.

15. 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.

16. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / O.B. Popova [et al.] // Mediterranean journal of social sciences. – 2015. – Vol 6. – № 6 S5. – P. 212–217.

17. Analysis of forecasting methods as a tool for information structuring in science research / O.B. Popova [et al.] // British Journal of Applied Science & Technology. – 2016. – Vol. 17. – P. 9–19. Doi: 10.9734/BJAST/2016/26353.

18. Попов Б.К., Карандей В.Ю. Программа для расчета магнитной системы ротора методом магнитных цепей // свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU № 2008614047, зарегистрировано 30.06.2008 г.

19. Попов Б.К., Карандей В.Ю. Программа расчета токов статора и ротора в каскадном электрическом приводе // свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU № 2008614048, зарегистрировано 30.06.2008 г.

20. Intelligence amplification via language of choice description as a mathematical object (binary tree of question-answer system) / V.Yu. Karandey [et al.] // Procedia-social and behavioral science. – 2015. – Vol. 214. – P. 897–905.

References:

1. News.rambler.ru // It's time to think about recycling used solar panels. – URL : <https://news.rambler.ru/other/44957835-pora-podumat-ob-utilizatsii-otrabotannyh-solnechnyh-paneley/>

2. Electricalnet.ru / Global problems of solar electricity. – URL : <https://electricalnet.ru/blog/globalnye-problemy-solnechnoi-energetiki/>

3. Karandey V.Y., Popov B.K. Controlled cascade electric drive with liquid current collector // Invention patent № 2461947 registered 20.09.2012.

4. Afanasyev V.L., Karandey V.Y., Popov B.K. Controlled cascade electric drive // Utility model patent RU 191959 U1, 28.08.2019, application № 2019111630 dated 16.04.2019.

5. Karandey V.Y., Popov B.K. Current-carrying device // Patent for the invention № 2370869 registered 30.06.2008.

6. Signaling current-carrying device / V.Yu. Karandey [et al.] // Patent for invention № 2601958 dated July 27, 2015, registered 18.10.2016.

7. Research of electrical power processes for optimum modeling and design of special electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // Advances in Engineering Research conference proceedings. – 2018. – Vol. 157. – P. 242–247. doi:10.2991/aime-18.2018.47.

8. Determination of magnetic parameters of the stator model component of the controlled asynchronous cascade electric drive axial design / V.Yu. Karandey [et al.] // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University [Electronic resource]. – 2017. – № 10 (134). – P. 1135–1151. Doi: 10.21515/1990-4665-134-092.

9. Karandey V.Yu. Development of approach to calculation of magnetic flux of one coil group of stator winding component controlled asynchronous cascade electric drive / V.Yu. Karandey [et al.] // Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University (Scientific Journal of KubGAU) [Electronic resource]. – Krasnodar : KubGAU, 2016. – № 06 (120). – P. 563–574. – AEA [article ID] : 1201606039. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/39.pdf>

10. Karandey V.Y., Karandey Yu.Y., Afanasyev V.L. Approach to determining the magnetic parameters of the controlled asynchronous cascade electric drive with refined geometry // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (Scientific Journal of KubGAU) [Electronic resource]. – Krasnodar : KubGAU, 2016. – № 06 (120). – P. 575–586. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/40.pdf>

11. 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.

12. 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. – P. 69–74. Doi: 10.1109/PGSRET.2019.8882689.

13. Karandey V.Y., Afanasyev V.L. Mathematical modeling of special electric drives for the equipment of oil and gas branch // Mathematical Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University [Electronic resource]. – 2017. – № 08 (132). – P. 926–940., Doi: 10.21515/1990-4665-132-072.

14. 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.

15. 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.

16. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / O.B. Popova [et al.] // Mediterranean journal of social sciences. – 2015. – Vol 6. – № 6 S5. – P. 212–217.



17. Analysis of forecasting methods as a tool for information structuring in science research / O.B. Popova [et al.] // British Journal of Applied Science & Technology. – 2016. – Vol. 17. – P. 9–19. Doi: 10.9734/BJAST/2016/26353.
18. Popov B.K., Karandey V.U. Software for the calculation of the rotor magnetic system by means of the magnetic circuit method // Registration certificate of the computer program RU № 2008614047, registered on 30.06.2008.
19. Popov B.K., Karandey V.U. Software for the calculation of the stator and rotor currents in the cascade electric drive // Registration certificate of software registration RU № 2008614048, registered on 30.06.2008.
20. Intelligence amplification via language of choice description as a mathematical object (binary tree of question-answer system) / V.Yu. Karandey [et al.] // Procedia-social and behavioral science. – 2015. – Vol. 214. – P. 897–905.



УДК 621.313.17:519.87

МИНИМИЗАЦИЯ ПУЛЬСАЦИЙ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА В ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОМ ПРИВОДЕ

MINIMIZATION OF TORQUE RIPPLES IN THE SWITCHED RELUCTANCE MOTOR

Мещеряков Виктор Николаевич

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой, кафедра электропривода,
факультет автоматизации и информатики,
Липецкий государственный технический университет
mesherek@yandex.ru

Марков Алексей Сергеевич

аспирант,
Липецкий государственный технический университет
malex0796@gmail.com

Meshcheryakov Viktor Nikolaevich

PhD in Engineering, Professor,
Head of the Department, Department of
Electric Drive,
Faculty of Automation and Computer Science,
Lipetsk State Technical University
mesherek@yandex.ru

Markov Alexey Sergeevich

Graduate Student,
Lipetsk State Technical University
malex0796@gmail.com

Аннотация. Вентильно-индукторный привод (ВИП) идеально подходит для промышленного применения на механизмах с регулируемой скоростью. ВИП наиболее предназначен для простых, и в то же время требующих регулирования скорости, операций. Основным недостатком электродвигателя является высокая пульсация крутящего момента, механическая вибрация и акустический шум. Из-за его нелинейности и двузначной структуры пульсация крутящего момента становится неизбежной. В статье представлен обзор вариантов минимизации пульсаций крутящего момента.

Ключевые слова: вентильно-индукторный привод, минимизация пульсаций, крутящийся момент.

Annotation. The switched reluctance motor (SRM) is ideal for industrial applications with adjustable speed. SRM is most designed for low-cost and regulated operations. The main disadvantage of an electric motor with adjustable resistance is high torque ripple, mechanical vibration and acoustic noise. Due to its non-linearity and two-digit structure, torque ripple becomes unavoidable. The article provides an overview of options for minimizing torque ripples.

Keywords: the switched reluctance motor, minimization of torque ripple.

Введение

Существует ряд исследований, предлагающих внедрение вентильно-индукторного привода (ВИП) в качестве исполнительного двигателя насосного агрегата, в том числе и для нефтегазовой отрасли. Имеющиеся разработки касаются преимущественно конструктивных особенностей ВИП и его модернизации [1].

Коммутируемый ВИП относится к простейшим электрическим машинам. ВИП отличается прочностью, а стоимость изготовления ниже по сравнению с другими электрическими машинами [2]. Статор и ротор ВИП имеют выступающие полюса. Обмотка статора создает магнитное поле, а ротор не имеет обмоток, коллектора и щеток. Скорость ВИП больше по сравнению с шаговым двигателем. В этом двигателе сочетаются предпочтительные качества приводов асинхронных двигателей и приводов постоянного тока [3]. Модель ВИП была сделана с использованием пакета Matlab Simulink и построена для сравнительного моделирования (рис. 1). Крутящий момент, создаваемый в этом двигателе, пропорционален квадрату тока обмотки (рис. 2). Благодаря своей простой конструкции, ВИП становится более привлекательным, чем другие типы двигателей для промышленного применения.

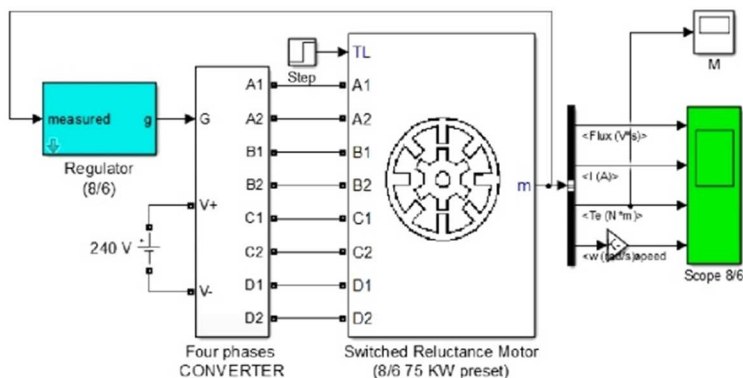


Рисунок 1 – Модель ВИП с использованием пакета Matlab Simulink

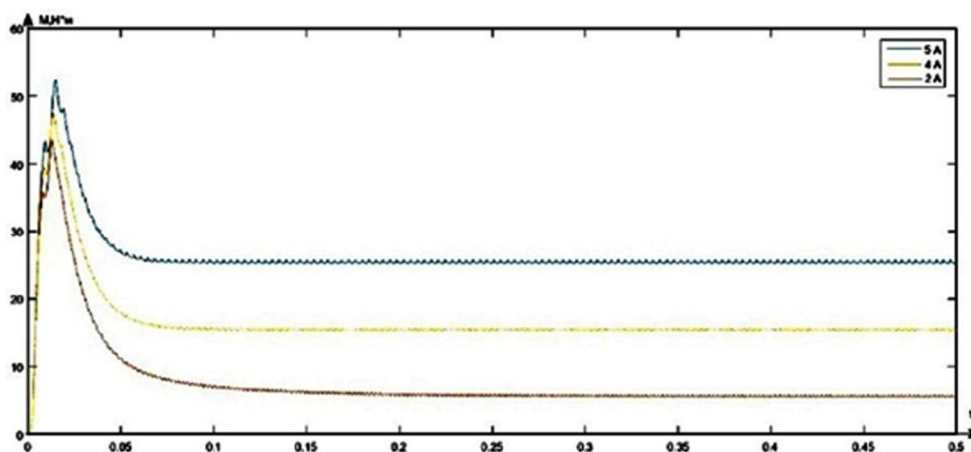


Рисунок 2 – Вращающий момент в функции от положения ротора при различной нагрузке

Основным недостатком ВИП является неравномерное и импульсное создание крутящего момента, которое приводит к его увеличению, что в свою очередь, вызывает вибрацию и акустический шум. Данное явление возникает из-за структурной деформации и гармонических магнитных моментов, наводящиеся в результате взаимодействия статора и ротора [2].

Пульсации крутящего момента

Минимизация пульсаций должна рассматриваться как в конструкции, так и в электронной контрольной точке [4]. В ВИП также может произойти несколько неисправностей во время его работы, которые могут быть электрическими и механическими. Электрические неисправности могут быть следующими: короткое замыкание в одной катушке фазы (все витки или несколько витков), вся катушка замкнута коротким замыканием, вся фаза закорочена, обрыв в одной катушке фазы, одной фазы обрыв, короткое замыкание между двумя разными фазами, короткое замыкание одной обмотки на массу [5]. Все эти неисправности могут увеличить пульсацию крутящего момента.

Одновременно с этим данное явление приводит к сокращению срока службы механических узлов. Сюда же добавляется относительное резкое изменение индуктивности в зависимости от положения ротора и нелинейного управления. Из-за протекания тока через фазную обмотку ротор имеет тенденцию совпадать со статором, он создает крутящий момент, который стремится выровнять ротор в положение с наименьшим сопротивлением. Крутящий момент обеспечивается способностью его универсальной части приспособляться к области значений меньшего сопротивления. По трем причинам в ВИП возникает выброс крутящего момента. Основная причина заключается в его магнитно-механической структуре. Вторая причина связана с его непрямыми атрибутами индуктивности, а третья причина – отрицательный крутящий момент из-за «хвостового» тока. Выражение для крутящего момента может быть получено с использованием производной энергии магнитного поля с положением ротора при заданном значении тока. В ходе преобразований [6] получается формула для определения крутящего момента в ВИП (форм. 1).

$$M = \frac{1}{2} \cdot i^2 \frac{dL}{d\theta}; \tag{1}$$

где i – заданное значение тока; θ – положение ротора.

Из (1) видно, что крутящий момент не зависит от направления тока, он зависит только от полярности $\frac{dL}{d\theta}$. Когда ротор совмещен со статором, создается положительный (двигательный) крутящий момент, независимо от направления тока. Когда ротор выходит из центровки, крутящий момент отрицательный (тормозной или рекуперативный). Ток должен включаться и выключаться синхронно с положением ротора. Период проводимости не должен превышать угол ступеньки. В момент коммутации желательно допустить небольшое перекрытие, чтобы свести к минимуму выброс крутящего момента в виде выемок на мгновенной форме волны крутящего момента. Слишком большое перекрытие коммутации приводит к положительным импульсам крутящего момента, что увеличивает средний крутящий момент и усиливает переходные процессы на муфте, валу и нагрузке [7]. По этой причине из-за изменения тока между фазными обмотками ВИП имеет очень высокую пульсацию крутящего момента, которая в основном зависит от углов включения и выключения.

Пульсации крутящего момента также можно определить, как разницу между максимальным и минимальным мгновенным крутящим моментом, выраженную в процентах от среднего крутящего момента во время устойчивого состояния [6].



Методы минимизации пульсаций

1. Текущее профилирование ВИП

В [2] исследуется 4 способа минимизации пульсаций крутящего момента в ВИП: гистерезисное регулирование тока ВИП с ПИ-регулятором скорости, метод управления ШИМ, мгновенное управление крутящим моментом ВИП с ограничением тока и ПИ-регулятором скорости и текущее профилирование ВИП. Последний метод контроля, описанный в этой статье, означает, что форма волны фазного тока модулируется таким образом, чтобы достичь плавного крутящего момента без пульсаций. Текущие профили рассчитываются в автономном режиме и сохраняются в таблице как ток в зависимости от крутящего момента и положения ротора. Фактическое значение крутящего момента интерполируется из существующих значений за заданное время. Это может занять больше памяти в процессоре. Для расчета профилей тока использовались статические характеристики крутящего момента по результатам измерений из-за точности этого метода, но для определенных условий, описанных в данной статье по этому методу ВИП не может создавать крутящий момент.

2. Интеллектуальная техника управления

В [7] произведен обзор методов косвенного управления пульсациями крутящего момента. У каждого из рассмотренных им методов есть свои преимущества и недостатки, а также выбор метода зависит от области применения системы.

В системах с нечеткой логикой, нейронными сетями и нейро-нечеткими системами проводятся наблюдения и формируются определенные правила. Управление крутящим моментом на основе ANFIS было предложено в [8]. Профили тока генерируются для конкретного задания крутящего момента путем онлайн-обучения, чтобы уменьшить пульсации крутящего момента. В текущем управлении контроле управления скоростью к выходу ПИ-регулятора добавляется компенсационный сигнал, так что был проведен анализ эффектов изменения функций принадлежности нейро-нечеткой компенсации. Метод с применением интеллектуальных техник управления, в отличие от рассмотренного с ПИД регулятором, позволяющем снижать пульсации на 21 %, сокращает пульсации крутящего момента на 52 %. В рассмотренном примере пульсации крутящего момента ВИП составляют 77 % и к примеру, с одним лишь только прямым управлением крутящим моментом, пульсации будут сокращены всего на 10 % [7].

3. Контроллер Continuous Solutions для ВИП

Инженеры Continuous Solutions разработали детальные модели перспективных вариантов ВИП, определенных программой оптимизации в ANSYS Maxwell. Использовался шаблонно-ориентированный инструмент проектирования RMXprt для быстрого определения геометрии двигателя. Использовались возможности параметрического проектирования в RMXprt для определения магнитной системы ВИП: количество полюсов, обмоточные данные и т.д.[9]

Вместо поиска конструкционного решения для минимизации пульсаций момента, вибрации, был разработан алгоритм управления для подачи тока в обычно неактивные обмотки в точное время, чтобы нейтрализовать отклоняющиеся векторы силы от активных полюсов. Алгоритм управления сделан в своих собственных аналитических инструментах и встроено в обычный инвертор ВИП, собранный в ANSYS TwinBuilder. Инвертор был подключен к модели двигателя ANSYS Maxwell, рассматривалось взаимодействие ВИП со схемой управления с разработанным алгоритмом. Результаты замеров подробно рассматриваются в [9]. Графики нестационарного режима позволили сгладить колебания вращающегося момента: как только ротор ВИП собирается дергаться влево, контроллер вводит сигнал для рывка вправо, подавляя сопротивление движению в нужном направлении, удаляя волну пульсаций вращающегося момента,

Заключение

В статье представлен обзор различных методов минимизации пульсаций крутящего момента. Объясняется причина концепции создания крутящего момента, а также рассматриваются методы косвенного управления крутящим моментом.

Из рассмотренных источников информации особо отмечены метод минимизации с использованием интеллектуальных контроллеров. Пульсации крутящего момента также можно минимизировать с помощью текущего профилирования, но метод ограничивается определенными условиями функционирования ВИП, но тем не менее метод может быть использован в будущем для управления во многих промышленных приложениях или электромобилях с приводом ВИП. Минимизация пульсаций должна рассматриваться как в конструкции, так и в электронной контрольной точке. А также целесообразно продолжить исследования минимизации пульсаций крутящего момента с использованием с учетом взаимной индуктивности и использования композитного материала для конструкции статора в ВИП.



Статья написана при поддержке гранта РФФИ 19-48-480001 «Разработка, исследование и оптимизация энергосберегающих электротехнических и электроприводных автоматизированных комплексов для плазменных, электрометаллошлаковых и индукционных технологий и агрегатов».

Литература:

1. Нгуен Куанг Кхоа. Исследование электромеханического комплекса: вентильно-индукторный электропривод – центробежный насос // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2016.
2. Dubravka P. «Control Techniques for Torque Ripple Minimization in Switched Reluctance Drives under Faults» // International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, 2016.
3. Miller T.J.E. «Switched Reluctance Motors and their Control» // Magna Physics, 1992.
4. Jebarani Evangeline. S. «Torque ripple minimization of switched reluctance drives – a survey» // 5th IET International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD), 2010
5. Christos Mademalis, Iordanis Kioskeridis, «Performance Optimization in Switched Reluctance Motor Drives with online commutation angle control» // IEEE Transaction on Energy Conversion, 2003. – Vol.18. – № 3.
6. Miller T.J.E. «Electronic Control of Switched Reluctance Machines» // Oxford (U.K.): Newnes, 2001.
7. Mahalakshmi G., Ganesh Dr.C. «A Review of Torque Ripple Control Strategies of Switched Reluctance Motor» // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562. – 2018. – Vol. 13. – № 7. – P. 4688–4692.
8. Fei Peng, Jin Ye, Ali Elmadi. «A Digital PWM Controller for Switched Reluctance motor Drives» // IEEE Transactions on Power Electronics, 2015. – Vol. 31. – № 10.
9. Электронный ресурс // Следующее поколение электродвигателей электромобилей. Бесшумная обработка. – URL : <https://www.ansys.com/about-ansys/advantage-magazine/volume-xiii-issue-1-2019/next-generation-of-electric-vehicle-motors> (дата обращения: 3.03.2021).

References:

1. Nguyen Quang Khoa. Investigation of electromechanical complex: valve-inductor electric drive – centrifugal pump // Proceedings of Higher Educational Institutions. Electromechanics. – 2016.
2. Dubravka P. «Control Techniques for Torque Ripple Minimization in Switched Reluctance Drives under Faults» // International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, 2016.
3. Miller T.J.E. «Switched Reluctance Motors and their Control» // Magna Physics, 1992.
4. Jebarani Evangeline. S. «Torque ripple minimization of switched reluctance drives – a survey» // 5th IET International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD), 2010.
5. Christos Mademalis, Iordanis Kioskeridis, «Performance Optimization in Switched Reluctance Motor Drives with online commutation angle control» // IEEE Transaction on Energy Conversion, 2003. – Vol. 18. – № 3.
6. Miller T.J.E. «Electronic Control of Switched Reluctance Machines» // Oxford (U.K.): Newnes, 2001.
7. Mahalakshmi G., Ganesh Dr.C. «A Review of Torque Ripple Control Strategies of Switched Reluctance Motor» // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562. – 2018. – Vol. 13. – № 7. – P. 4688–4692.
8. Fei Peng, Jin Ye, Ali Elmadi. «A Digital PWM Controller for Switched Reluctance Motor Drives» IEEE Transactions on Power Electronics, 2015. – Vol. 31. – № 10.
9. Electronic resource // The next generation of electric motors for electric cars. Silent processing. – URL : <https://www.ansys.com/about-ansys/advantage-magazine/volume-xiii-issue-1-2019/next-generation-of-electric-vehicle-motors> (accessed 3.03.2021).



УДК 621.791.923

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ АНТИФРИКЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СПЛАВА СИСТЕМЫ Sn-Sb-Cu ДЛЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

PROMISING ANTIFRICTION COATINGS MADE OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON THE Sn-Sb-Cu ALLOY SYSTEM FOR FRICTION UNITS OF OIL AND GAS INDUSTRY EQUIPMENT

Михеев Роман Сергеевич

доктор технических наук, профессор,
МГТУ им. Н.Э. Баумана
mikheev.roman@mail.ru

Калашников Игорь Евгеньевич

доктор технических наук,
ведущий научный сотрудник, ИМЕТ РАН
kalash2605@mail.ru

Быков Павел Андреевич

научный сотрудник, ИМЕТ РАН
pavel_imet@mail.ru

Кобелева Любовь Ивановна

кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник, ИМЕТ РАН
likob@mail.ru

Аннотация. Для формирования антифрикционных покрытий на подложках из низкоуглеродистой качественной стали в настоящей работе применяли процесс аргонодуговой наплавки неплавящимся электродом. Проводили исследования структуры, механических и триботехнические характеристик сформированных покрытий в широком диапазоне нагрузок.

Ключевые слова: сплав баббита, наноразмерные частицы, износостойкость.

Mikheev Roman Sergeevic

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Bauman Moscow State Technical University
mikheev.roman@mail.ru

Kalashnikov Igor Evgenevich

Doctor of Technical Sciences,
Leading Researcher,
Baikov Institute of Metallurgy and
Material Science RAS
kalash2605@mail.ru

Bykov Pavel Andreevich

Researcher,
Baikov Institute of Metallurgy and
Material Science RAS
pavel_imet@mail.ru

Kobeleva Lubov Ivanovna

PhD, Leading Researcher,
Baikov Institute of Metallurgy and
Material Science RAS
likob@mail.ru

Annotation. For the formation of antifriction coatings on substrates made of low-carbon high-quality steel, the argon-arc surfacing process with a non-consumable electrode was used in this work. The structure, mechanical and tribotechnical characteristics of the formed coatings were studied in a wide range of loads.

Keywords: babbitt alloy, nano-sized particles, wear resistance.

Антифрикционные сплавы на оловянной основе называют баббитами и применяют преимущественно в подшипниках скольжения машин и механизмов ответственного назначения, к которым относятся: паровые и газовые турбины, распределительные валы двигателей и компрессоров, а также другие тяжелонагруженные изделия топливно-энергетического комплекса [1]. Лучшими антифрикционными свойствами среди баббитов характеризуются сплавы системы Sn-Sb-Cu, к числу которых относится сплав марки Б83. Однако, олово (Sn), являющееся основным компонентом в составе баббитов марки Б83, является дорогим с экономической точки зрения исходным материалом, что обуславливает высокую стоимость сплавов подобного состава. Поэтому для уменьшения расхода дефицитного олова во многих случаях баббиты применяют в виде рабочих слоев толщиной до 6 мм сформированных на твердой, прочной основе. Кроме того, избыточная гетерогенность сплава Б83, и, особенно, присутствие в мягкой матрице (α -твердый раствор сурьмы в олове) слабо связанных с ней интерметаллидных соединений, представляющих собой крупные (до 200 мкм) кристаллы твердого раствора на основе химического соединения SnSb (β -фаза) и игольчатые частицы Cu_3Sn (γ -фаза), обуславливают его относительно невысокую износостойкость и усталостную прочность [2]. Улучшение свойств данного сплава может быть достигнуто за счет применения модифицирующих добавок и армирующих частиц, обеспечивающих измельчение и равномерное распределение указанных структурных составляющих в матрице [3–4].

Для формирования антифрикционных покрытий на подложках из низкоуглеродистой качественной стали в настоящей работе применяли процесс аргонодуговой наплавки неплавящимся электро-



дом. В качестве присадочного материала использовали разработанные и изготовленные методом горячей экструзии наплавочные прутки из сплава Б83 системы Sn-Sb-Cu, содержащие субмикронные частицы бора (В) и карбида бора (B_4C), а также частицы карбида кремния (SiC) микронного размера [5]. Проводили исследования структуры, механических и триботехнические характеристик сформированных покрытий в широком диапазоне нагрузок.

Определено, что вследствие высоких скоростей кристаллизации, малой длительностью существования сварочной ванны, а также присутствия в составе покрытий наполнителей разной природы и размера в процессе наплавки происходит измельчение интерметаллидных фаз. Тугоплавкие частицы SiC микронного размера являются термическими стопорами, препятствующими развитию химических реакций роста интерметаллидных фаз, тогда как субмикронные частицы (В, B_4C) оказывают модифицирующее воздействие на структуру матрицы, являясь центрами зарождения интерметаллидных фаз при кристаллизации расплава на поверхности стальной основы. Результатом этого, является повышение твердости сформированных покрытий с 25,3 до 45,8 НВ.

Установлено, что наибольший эффект от присутствия субмикронных керамических частиц (например, В, B_4C) в покрытиях на основе сплава системы Sn-Sb-Cu, полученных на стальной подложке процессом аргонодуговой наплавки неплавящимся электродом, достигается при малых удельных давлениях (до 0,33 МПа), в котором наблюдается снижение до 60 % значения коэффициента трения и стабилизация процесса трения вследствие формирования из продуктов износа КМ и контртела мелкодисперсных промежуточных слоев, содержащих в ряде случаев углеродные структуры. Влияние частиц микронного размера (например, SiC) проявляется при удельных давлениях свыше 0,46 МПа, где они выполняют роль воспринимающих нагрузку на поверхность трения опор, ограничивающих пластическую деформацию и препятствующих механическому уносу материала матрицы в процессе сухого трения скольжения, что позволяет расширить диапазон трибонагружения (увеличить нагрузочную способность, скорости скольжения) и уменьшить с $2,73 \times 10^{-5}$ до $1,85 \times 10^{-5}$ г/м интенсивность изнашивания. Анализ изменений значений коэффициентов трения, интенсивности изнашивания и коэффициентов стабильности изготовленных образцов в зависимости от удельного давления показывает целесообразность для достижения оптимального сочетания триботехнических характеристик (снижение интенсивности изнашивания и коэффициента трения на 38 % и в 2 раза соответственно) не только модифицирования структуры сформированных процессом дуговой наплавки покрытий из сплавов на основе сплава системы Sn-Sb-Cu субмикронными керамическими частицами, но и введения крупных высокопрочных армирующих частиц, препятствующих разрушению интерметаллидов под действием высоких удельных давлений за счет снижения на них нагрузки.

Литература:

1. Ремонт подшипников скольжения компрессоров с применением газопламенного напыления / Р.Р. Газиев [и др.] // Нефтегазовое дело. – 2012. – № 5. – С. 236–245.
2. Барыкин Н.П., Фазлыяхметов Р.Ф., Валеева А.Х. Влияние структуры баббита Б83 на интенсивность износа трибосопряжений // Металловедение и термическая обработка. – 2006. – № 2. – С. 44–46.
3. Трибологические свойства композиционных материалов на основе баббита Б83, полученных методом порошковой металлургии / И.Е. Калашников [и др.] // Металлы. – 2016. – № 4. – С. 101–107.
4. Development and testing of Al-SiC and Al-TiC composite materials for application in friction units of oil-production equipment / T.A. Chernyshova [et al.] // Inorganic Materials: Applied Research. – 2011. – Vol. 2. – № 3. – P. 282–289.
5. Получение наплавочных прутков из антифрикционного композиционного материала на основе баббита Б83 методом экструзии / И.Е. Калашников [и др.] // Перспективные материалы. – 2016. – № 9. – С. 70–77.

References:

1. Repair of compressor sliding bearings using gas flame spraying / R.R. Gaziev [et al.] // Oil and Gas Business. – 2012. – № 5. – P. 236–245.
2. Barykin N.P., Fazliakhmetov R.F., Valeeva A.Kh. Influence of structure of babbitt B83 on intensity of wear of tribocouplings // Metal science and heat treatment. – 2006. – № 2. – P. 44–46.
3. Tribological properties of composite materials based on babbitt B83, obtained by powder metallurgy / I.E. Kalashnikov [et al.] // Metals. – 2016. – № 4. – P. 101–107.
4. Development and testing of Al-SiC and Al-TiC composite materials for application in friction units of oil-production equipment / T.A. Chernyshova [et al.] // Inorganic Materials: Applied Research. – 2011. – Vol. 2. – № 3. – P. 282–289.
5. Preparation of cladding rods from antifricition composite material based on babbitt B83 by extrusion / I.E. Kalashnikov [et al.] // Perspective materials. – 2016. – № 9. – P. 70–77.



УДК 622.245

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ СПУСКЕ ОБСАДНЫХ КОЛОНН

DEVELOPMENT OF MEASURES TO PREVENT COMPLICATIONS WHEN RUNNING CASING STRINGS

Мозговой Георгий Сергеевич

старший преподаватель,
кафедры бурение нефтяных и газовых скважин,
Самарский государственный технический университет
gsmozgovoi@mail.ru

Южев Никита Дмитриевич

студент
кафедры бурение нефтяных и газовых скважин,
Самарский государственный технический университет
nyuzhev@icloud.com

Аннотация. В данной статье рассматриваются основные мероприятия, которые могут препятствовать возникновению осложнений при спуске обсадных колонн.

Ключевые слова: осложнение, обсадная колонна, хвостовик, прихват, смятие, глубина, БАРС 60/80, оснастка, МСГРП.

Mozgovoy Georgy Sergeevich

Senior Lecturer of the Oil and
Gas Wells Drilling Department,
Samara State Technical University
gsmozgovoi@mail.ru

Yuzhev Nikita Dmitrievich

Student of the Oil and
Gas Wells Drilling Department,
Samara State Technical University
nyuzhev@icloud.com

Annotation. This article discusses the main measures that can prevent the occurrence of complications when running casing strings.

Keywords: drilling problems, casing collapse, sidewall sticking, casing, shank, bore deep, workover truck, casing attachments, multistage hydraulic fracturing.

Важную роль в бурении скважин по добыче нефти и газа играет обсадная колонна – элемент, необходимый для фиксации горизонтов по разработке и удержанию в правильном положении всей скважины. При создании данного элемента крайне важны все параметры для установления правильной длины, диаметра, толщины стенок, поэтому предварительно проводится расчет обсадной колонны, который включает вычисление давления, проверку прочности и герметичности, а также ряд других действий. Правильно выполненная работа позволит создать колонну, максимально защищенную от внешних воздействий и способную обеспечить продуктивный забор нефти и газа [1].

Осложнения при спуске обсадных колонн

Осложнениями при спуске обсадных колонн являются [4]:

1. Прихваты обсадных колонн.
2. Падение отдельных труб и секций колонн в скважину.
3. Смятие обсадных колонн.
4. Разъединение обсадной колонны по резьбовому соединению.
5. Прочие аварии.

Прихваты обсадных колонн происходят по следующим причинам [4]:

1. Плохая подготовка ствола скважины перед спуском колонны.
2. Применение раствора при подготовке ствола и его промывке, параметры которого не соответствуют ГТН.
3. Резкие изменения зенитного и азимутального углов скважины.
4. Остальные причины прихватов обсадных колонн аналогичны причинам прихватов бурильной колонны.

Падение отдельных труб и секций колонн в скважину обусловлено [4]:

1. Неисправностью спускоподъемного оборудования.
2. Наличием уступов в скважине, в результате чего на них возможна остановка обсадной колонны и открытие элеватора.
3. Вырывом труб из муфт, чему способствуют:
 - некачественная нарезка резьбы;
 - недостаточное крепление трубы в муфте;
 - свинчивание резьбовых соединений с перекосом их осей;
 - приложение растягивающих нагрузок, превышающих допустимые;
 - отсутствие контроля затяжки резьбы моментометрами.



Смятие обсадных колонн характерно:

1. При несвоевременной доливке обсадных колонн при их спуске.
2. При чрезмерной разгрузке колонны на забой, особенно в кавернозных интервалах и большой разнице диаметров скважины и колонны.
3. При опорожнении колонны в процессе подъёма БК наружными давлениями в местах отсутствия цементного кольца.

4. При обратном промерзании ММП.

К прочим авариям с обсадными колоннами относятся:

1. Отсоединение нескольких нижних труб от обсадной колонны после цементирования или во время работы в ней. Как правило, это происходит, если колонна спущена не до забоя, а также при установке башмака в кавернозных мягких несвязанных породах и большой кривизне ствола скважины.
2. Невозможность отсоединения колонны БТ от секции обсадной колонны.
3. Прорезание «окна» в обсадной колонне и забуривание нового ствола при разбурировании цементного стакана.

Мероприятия по предотвращению осложнений при спуске обсадных труб

1) Подготовка скважины [1]:

- геофизические исследования;
- проработка ствола скважины;
- шаблонировка ствола скважин;
- контроль протяженности ствола скважины;
- промывка скважины.

2) Подготовка бурового оборудования [3]:

- проверка исправности привода, буровой лебедки, насосов, вышки, талевого системы и т.д.;
- переоснастка талевого системы (в случае необходимости)
- проверка исправности КИП;
- монтаж передвижной люльки;
- доставка на буровую инструмента для спуска обсадной колонны;
- подготовка рабочих мест на рабочей площадке буровой установки.

3) Подготовка обсадных труб [3]:

- приемка;
- складирование;
- визуальный контроль;
- снятие предохранителей и зачистка резьбы;
- дефектоскопия и толщинометрия;
- инструментальный контроль;
- контроль качества резьбы труб и муфт;
- шаблонирование;
- гидравлические испытания;
- маркировка и комплектование.

4) Для качественного закачивания скважин, успешного спуска всех без исключения обсадных колонн, уверенного разобщения пластов и дальнейшей нормальной эксплуатации скважины используется комплекс устройств, именуемый оснасткой обсадной колонны [5]. К оснастке обсадных колонн относятся следующие устройства:

- башмак – для защиты низы обсадной колонны от деформации и направления её по стволу;
- обратный клапан – предотвращает поступление тампонажного раствора внутрь колонны, служит для посадки разделительных пробок при цементировании;
- центраторы – обеспечивает центрирование обсадных колонн в стволе скважины;
- турбулизаторы – устанавливаются в местах локального уширения ствола скважины, где турбулизуют поток буфера и тампонажного раствора;
- скребки – для механического сдираания раствора.

Осложнение в условиях раздельного сервиса предприятий

Раздельный сервис – привлеченные заказчиком независимые подрядные предприятия для выполнения работ / оказания услуг сопутствующих сервисов по обеспечению строительства скважин, в том числе инженерного и технологического сопровождения. Осложнением в данных условиях может стать несовременная поставка хвостовика 114 мм на буровую площадку, которая может привести к:

- выходу в простой буровых установок;
- существенному превышению затрат на строительство данных скважин;
- срыву производственной программы по количеству пробуренных скважин;
- невыполнению показателей по добыче.



Возможные причины происшествия:

- карантин;
- санкции;
- испортившиеся погодные условия;
- истекший контракт.

Мероприятия по предотвращению осложнения

Предлагается, что по окончании строительства скважины под колонну хвостовик выполнить:

- перевод скважины на технологическую жидкость заканчивания;
- спуск с буровой установки в скважину фондового НКТ;
- передвижка / переезд буровой установки на следующую скважину-точку;
- по мере поступления обсадной колонны, обеспечение постановки на скважину ПА 60/80;
- выполнить подъем НКТ 73 мм, шаблонировку ствола скважины, промывку;
- провести заключительные работы по скважине;
- демонтаж станка КРС;
- проведение ГРП по скважине.

Дополнительное оборудование, которое необходимо использовать для придания свойств и функций буровой установки подъёмному агрегату КРС БАРС 60/80:

- ЦА – 320 (2 единицы);
- верхний силовой привод;
- породоразрушающий инструмент;
- ёмкостной блок.

Технология и параметры режима бурения производимых мероприятиях представлены в таблице 1 и таблица 2.

Таблица 1 – Технология

Операция	Описание
Спуск на бурильных трубах	Спустить в скважину компоновку: долото155мм+СБТ89мм+КЛС152мм+СБТ73мм.
Промывка скважины	Произвести промывку скважины с плавным выходом на режим.
Очистка скважины инструментом	Спустить КНБК до забоя с принудительной проработкой со скоростью 30– 35 м/час и шаблонировкой.
Промывка скважины	При достижении проектного забоя промыть скважину до полного отсутствия шлама, не менее двух объёмов скважины.
Очистка скважины инструментом	Произвести шаблонировку ствола.
Подъём на бурильных трубах	Поднять компоновку долото 155мм и КЛС 152мм на поверхность.
ГИС	Запись ГИС и интерпретация полученных данных кавернометра
Сборка и спуск эксплуатационной колонны	Собрать хвостовик 114 мм с заколонными пакерами и муфтами ГРП. Скорость спуска в необсаженном стволе – 0,2 м/с, а в колонне – 0,4 м/с.

Таблица 2 – Параметры режима бурения

Осевая нагрузка, (т)	Расход бурового раствора, (л/с)	Частота вращения долота, (об/мин)	Плотность, (г/см3)
3	9-12	60	1,13

Заключение

Обсадная колонна является неотъемлемым элементом любой скважины для добычи полезных ископаемых. Грамотно проведенные расчеты позволят соорудить оптимальную по функциональности и стоимости конструкцию, которая будет требовать минимального обслуживания, а её спуск – весьма ответственная операция.

Весь комплекс подготовительных мероприятий нацелен на то, чтобы обсадная колонна была вовремя доставлена на скважину, а её спуск проходил без вынужденных остановок и перерывов, во время спуска обсадная колонна не подвергалась непредвиденным перегрузкам, опасным с точки зрения ее целостности и нарушения профиля труб, и чтобы в скважину не попали трубы с дефектами, которые могут повлечь нарушение целостности обсадной колонны или потерю герметичности.

Использование усовершенствованных элементов технологической оснастки позволит повысить качество спуска обсадных колонн.



Тщательная подготовка ствола скважины и применение технологий и мероприятий, позволяет успешно в кратчайшие сроки спустить обсадные колонны на скважинах.

Литература:

1. Машкова Е.Г., Зуев М.И. Конструкция нефтяной скважины, расчет обсадной колонны скважины // Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону: Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований, 2017. – С. 96–101.
2. Овчинников В.П., Агзамов Ф.А., Акбулатов Т.О. Технология бурения скважин // Вскрытие и разобщение. 3-е изд. – Тюмень : ТИУ, 2017. – 342 с.
3. Закачивание скважин: Учебное пособие / В.П. Овчинников [и др.]. – Тюмень : Экспресс, 2008. – 347 с.
4. Осложнения и аварии при строительстве нефтяных и газовых скважин [Текст] : учеб. пособие / С.В. Каменских [и др.]. – Ухта : УГТУ, 2014. – 231 с.
5. Подгорнов В.М. Закачивание скважин // В двух частях, часть1: Формирование крепи скважины. – М. : МАКС Пресс, 2008. – 264 с.
6. «Оренбургнефть» // Инженерная практика. – 2017. – № 04. – С. 68–72.

References:

1. Mashkova E.G., Zuev M.I. Design of an oil well, calculation of well casing // Don State Technical University, Rostov-on-Don: New word in science and practice: hypotheses and approbation of research results, 2017. – P. 96–101.
2. Ovchinnikov V.P., Agzamov F.A., Akbulatov T.O. Technology of drilling wells // Stripping and Disintegration. 3rd ed. – Tyumen : TIU, 2017. – 342 p.
3. Pumping wells: Textbook / V.P. Ovchinnikov [et al.]. – Tyumen : Express, 2008. – 347 p.
4. Complications and accidents during construction of oil and gas wells [Text] : tutorial / S.V. Kamenskikh [et al.]. – Ukhta : UGTU, 2014. – 231 p.
5. Podgornov V.M. Pumping of wells // In two parts, part 1: Formation of well support. – M. : MAKS Press, 2008. – 264 p.
6. «Orenburgneft» // Engineering practice. – 2017. – № 04. – P. 68–72.



УДК 621

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА МОДУЛЯ ГЕНЕРАЦИИ СТРОК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

TOOLS OF THE MODULE FOR GENERATING LINES OF TECHNOLOGICAL DOCUMENTATION

Новиков Олег Александрович

доктор технических наук, профессор,
кафедра «Стандартизация, сертификация и управление
качества производства нефтегазового оборудования»,
Российский государственный университет нефти и газа
(научно-исследовательский университет) имени И.М. Губкина,
институт машиноведения Российской академии наук
имени А.А. Благоднарова,
лаборатория «Теория модульной технологии»
ведущий научный сотрудник
noviktechnolog@yandex.ru

Гололобов Денис Владимирович

старший преподаватель,
кафедра «Стандартизация, сертификация и управление
качества производства нефтегазового оборудования»,
Российский государственный университет нефти и газа
(научно-исследовательский университет) имени И.М. Губкина
dgololobov@mail.ru

Аннотация. В статье на базе системы комплексной автоматизации технологической подготовки производства инструментальными средствами модуля генерации строк технологической документации проводится их формализованное описание с целью проектирования технологических операций в автоматическом режиме.

Ключевые слова: технологическая подготовка производства, технологическая документация, процесс, операция, таблицы соответствий и решений, система комплексной автоматизации, специализированный язык программирования, инструментальные средства описания, исходные данные, проектные задачи, модули проектных задач.

Novikov Oleg Aleksandrovich

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Department of Standardization,
Certification and Quality Management
Quality Management of Oil and
Gas Equipment Production,
Russian State University of Oil and Gas
(research university) named after I.M. Gubkin,
Institute of Mechanical Engineering of
the Russian Academy of Science
named after A.A. Blagonravov,
Laboratory «Modular Technology Theory»
Principal Scientist
noviktechnolog@yandex.ru

Gololobov Denis Vladimirovich

Senior Lecturer,
Department of «Standardization, Certification
and Quality Control, Quality Management of
Oil and Gas Equipment Production»,
Russian State University of Oil and Gas
(Gubkin Russian State University of
Oil and Gas)
dgololobov@mail.ru

Annotation. In the article, on the basis of the system of integrated automation of technological preparation of production by the tools of the module for generating lines of technological documentation, their formalized description is carried out in order to design technological operations in automatic mode.

Keywords: technological preparation of production, technological documentation, process, operation, tables of correspondences and solutions, complex automation system, specialized programming language, description tools, source data, project tasks, modules of project tasks.

Введение

Производству любого изделия в газонефтяном машиностроении предшествует этап технической подготовки, который включает конструкторскую подготовку и технологическую подготовку производства (ТПП).

В настоящее время в техническую подготовку производства и производство машиностроительной продукции интенсивно внедряются информационные технологии, позволяющие существенно повысить производительность труда и качество выпускаемой продукции. Необходимо отметить, что производительность труда в ТПП ниже, чем в конструкторской подготовке производства из-за отсутствия в ТПП универсальной системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП). Причина отсутствия универсальной САПР ТП объясняется трудностями в создании универсального программного обеспечения (ПО) для решения задач проектирования ТП. Трудности в создании универсального ПО обусловлены различиями как в методах проектирования различных ТП (литье,ковка,штамповка,механическаяобработка,сварка,химико-термическаяи термическая обработка, сборка и т.п.), так и в подходах к созданию ПО для проектирования ТП.

Анализ затрат времени на проектирование ТП в ТПП показал, что наибольшие затраты времени приходятся на работы, связанные с проектированием ТП механической обработки, которые обусловлены как объемами работ, так и затратами времени на выбор необходимой для проектирования ТП информации.



В САПР ТП, применяемых на производстве, вся необходимая для проектирования ТП информация хранится в базах данных (БД) системы управления базами данных (СУБД). За сопровождение СУБД отвечает администратор сети предприятия, либо администратор САПР ТП в отделе главного технолога (ОГТ) предприятия. Заполнение БД для проектирования ТП осуществляется на основе информации, поступающей из технологических бюро (ТБ) ОГТ в формате, который принят для описания БД в СУБД. В итоге, вся необходимая для проектирования ТП информация структурирована. В связи с этим методика проектирования ТП на основе фрагментов исходных данных, выбираемых из БД, аналогична методике проектирования ТП на основе поиска информации в различной справочно-нормативной литературе. Выбор информации из БД позволяет существенно сократить затраты времени на проектирование ТП, но не обеспечивает автоматического формирования строк технологической операции, описание которых должно соответствовать общепринятому языку общения в формате [1 ... 5], рекомендуемом при оформлении технологической документации.

Технологический процесс – упорядоченная последовательность технологических операций (ТО), выполнение которых позволяет получить соответствующее техническим условиям на изготовление изделие. Технологическая операция – законченная часть ТП, выполняемая на одном рабочем месте.

В технологической документации ТО описывается упорядоченной последовательностью структурированных строк, информация в которых.

В связи с этим, в создаваемой Системе Комплексной Автоматизации Технологической подготовки производства (СКАТ) подготовки производства (рис. 1), возникла необходимость разработки модуля инструментальных средств (ИС), позволяющих пользователю СКАТ создавать и корректировать модели строк технологической документации.

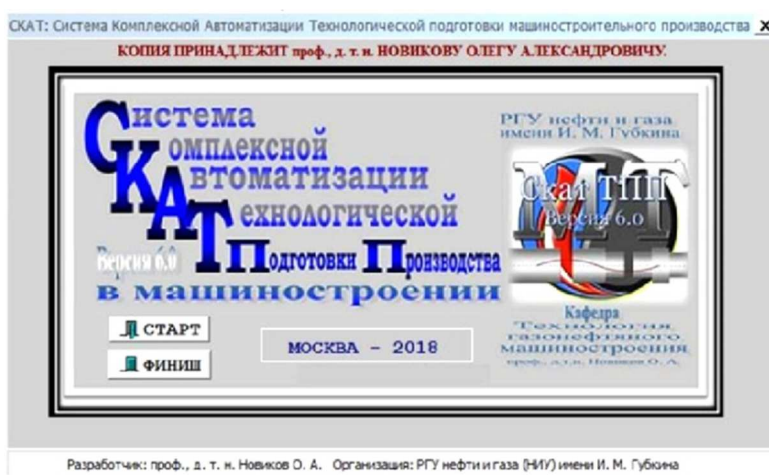


Рисунок 1 – Окно системы комплексной автоматизации технологической (СКАТ) подготовки производства

Инструментальные средства модуля генерации шаблонов форм документов и их элементов

Информация, которая предоставлена в строках ТО, относится к условно постоянной, которая в определенный период времени может изменяться. В связи с этим в СКАТ включен модуль генерации шаблонов форм документов и их элементов (рис. 2).

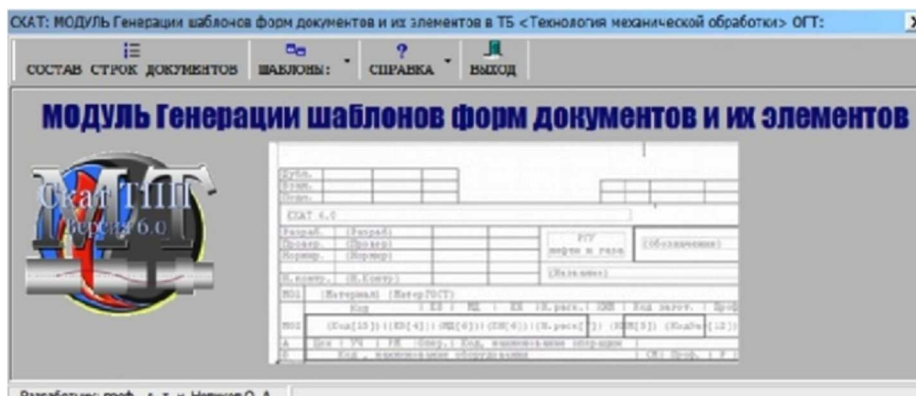


Рисунок 2 – Модуль генерации шаблонов форм и их элементов



Функции ИС раздела «Состав строк документов» модуля позволяют пользователю ИС провести описание состава строк в операции технологического процесса для соответствующего технологического бюро ОГТ, указав код строки и её название в технологическом документе (рис. 3).

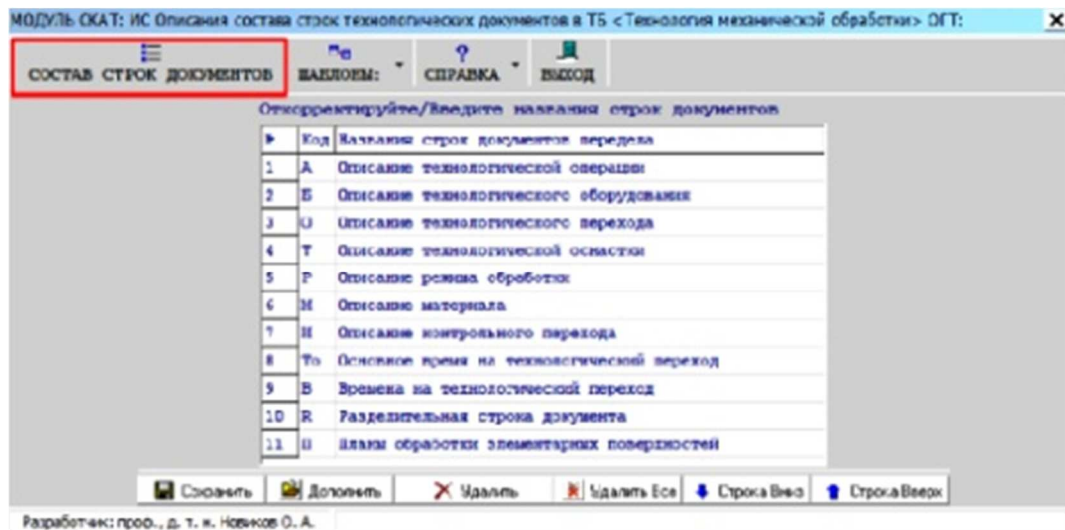


Рисунок 3 – Инструментальные средства описания состава строк технологических документов

В падающем меню раздела «Шаблоны:» модуля перечислены названия ИС: «Формы документов», «Учетный бланк» и «Строки документов», выбор которых позволяет пользователю ИС:

- сформировать формы документов комплекта технологической документации,
- создать учетный бланк, информация из которого автоматически переносится в соответствующие поля формы проектируемого ТП,
- провести формализованное описание строк, на основании которых и формируется технологический процесс.

Строки описания операций в ТП классифицируются [6, 7] на:

- структурированные (строки с кодами А, Б, Р, То) (рис. 4), состоящие из упорядоченной последовательности фиксированных полей, значения которых при запуске проектной задачи в работу выбираются из таблиц соответствий, задаются в качестве исходных данных или рассчитываются.
- слабо структурированные строки, описание которых проводится на основе примера к таблице соответствий в справочной литературе. Для описания такой строки создается строка-маска [6, 7].

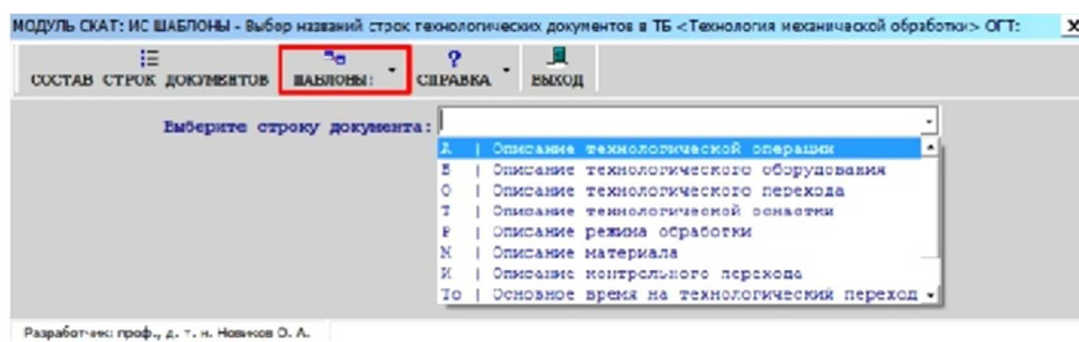


Рисунок 4 – Глоссарий выбора названий строк технологических документов

Таблица соответствий – таблица, в матрице которой представлено множество значений свойств, соответствующих одному или подмножеству элементов. В структурном плане таблица соответствий состоит из [6, 7]:

- Горизонтали – вектор строки, включающая названия столбцов в таблице;
- Матрицы – конечное множество векторов строк, значения в которых соответствуют значениям в векторе строке Горизонтали.

Если формирование структурированной строки в операции технологического процесса при описании проектной задачи осуществляется на основе таблицы соответствий, то поиск значений переменных Горизонтали осуществляется по ключам [6, 7].



При выборе названия структурированной строки в операции технологического процесса (рис. 4) автоматически формируется экранная сцена ИС модуля для описания или корректировки элементов в выбранной строке, включающая глоссарий строк технологической операции, таблицу и кнопки вызова функций (рис. 5).

Информация для заполнения таблицы экранной сцены ИС выбирается из соответствующей базы СКАТ, которая создана при разработке ИС модуля СКАТ.

Поля столбцов в Матрице таблицы экранной сцены (Рис. 5) заполняются следующими значениями:

- Код – обозначение номера строки в матрице таблицы включает: знак – \$, код строки документа и номер строки;
- F_{спр}[*+/-] – ключи поиска в матрице таблицы соответствий при запуске в работу проектной задачи:
 - * или * – значение переменной задает пользователь;
 - *+ значение переменной выбирается из глоссария.
- N/поз – число позиций под значение в поле структурированной строки технологического процесса с номером Код строки;
- Название поля – значение соответствующее значениям в полях структурированной строки ТП на общепринятом языке общения;
- Обозначение в документе – значения, которые применяется в картах комплекта технологической документации;
- Переменная – имя переменной соответствующее значению в столбце таблицы «Название поля». Первый символ в имени переменной обозначает тип переменной (I – целый, R – вещественный, S – строковый).

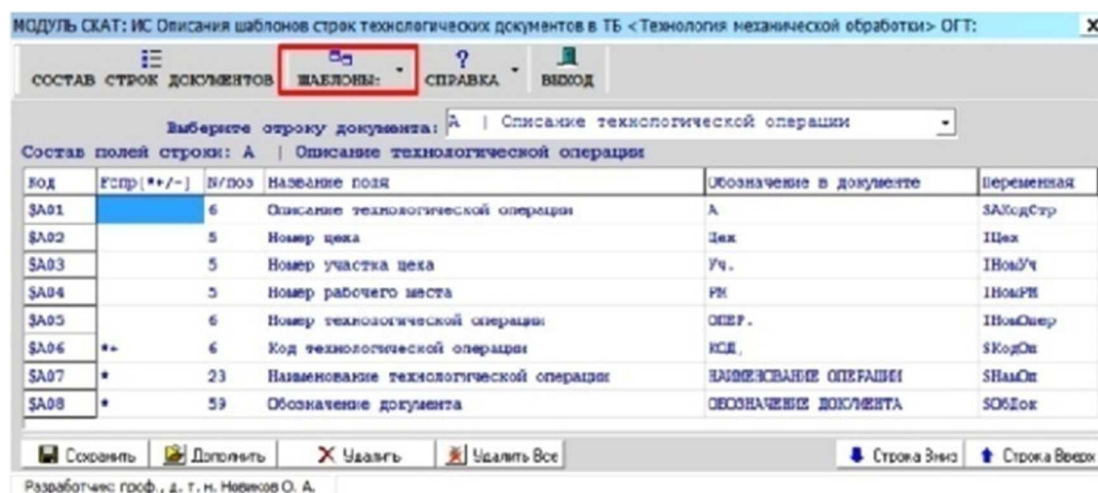


Рисунок 5 – Инструментальные средства описания шаблонов строк технологических документов

Заключение

Наличие в СКАТ моделей строк технологических документов:

1. С одной стороны – открывает возможность для разработки в СКАТ таких модулей, ИС которых позволят технологам различных ТБ ОГТ предприятий в режиме диалога с ИС самостоятельно создавать как проектные задачи автоматизированного проектирования ТО, так и базы проектных задач.
2. С другой стороны – запуск в работу созданных проектных задач позволит автоматически заполнить необходимой информацией строки в ТО, что приведёт как к повышению производительности проектных работ в ТБ ОГТ предприятия, так и к сокращению затрат времени на адаптацию СКАТ к условиям работы предприятий.

Литература:

1. Единая система программной документации. Госкомитет СССР по стандартам. – М. : Издательство стандартов, 1982. – 60 с.
2. ЕСТПП. – М. : Издательство стандартов, 1984. – 360 с.
3. ЕСТПД. – М. : Издательство стандартов, 1985. – 127 с.
4. ЕСТД // Общие требования к комплектности и оформлению документов на типовые и групповые технологические процессы (операции). – М. : Издательство стандартов, 1985. – 41 с.
5. ЕСКД // Общие требования к выполнению и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ ГОСТ 2.004-88. – М. : Издательство стандартов, 1989. – 40 с.



6. Проектирование технологий машиностроения на ЭВМ: Учебник для вузов / О.В. Таратынов, Б.М. Базров, В.В. Клепиков, О.А. Новиков, А. Н. Герасин: Под ред. Таратынова. – М. : МГИУ, 2006. – 519 с.
7. Новиков О.А., Комаров Ю.Ю., Байбаков С.В. Автоматизация проектных работ в технологической подготовке машиностроительного производства. – М. : Изд-во МАИ, 2007. – 260 с. ISBN 978-5-7035-1893-9.

References:

1. Unified system of program documentation. USSR State Committee on Standards. – М. : Publishing House of Standards, 1982. – 60 p.
2. ЕСТПП. – М. : Standard Publishers, 1984. – 360 p.
3. ЕСТPD. – М. : Publishing House of Standards, 1985. – 127 p.
4. USTD // General requirements for completeness and execution of documents for standard and group technological processes (operations). – М. : Standard Publishers, 1985. – 41 p.
5. ESCD // General requirements for execution and execution of technological documents on printing and graphic output devices GOST 2.004-88. – М. : Standard Publishers, 1989. – 40 p.
6. Designing of mechanical engineering technologies on the computer: Textbook for universities / O.V. Taratynov, B.M. Bazrov, V.V. Tatatinov, B.M. Baz-rov, Klepikov, O.A. Novikov, A.N. Gerasin: Under the editorship of Taratinov. – MOSCOW STATE UNIVERSITY, 2006. – 519 p.
7. Novikov O.A., Komarov Yu.Yu., Baibakov S.V. Automation of Design Works in Technological Preparation of Machine-Building Production. – М. : Publishing house of MAI, 2007. – 260 p. ISBN 978-5-7035-1893-9.



УДК 622.242.424

**МЕТОДИКА РАСЧЁТА УСТОЙЧИВОСТИ ОПОРНЫХ СТОЕК
БЛОКОВ МОРСКИХ СТАЦИОНАРНЫХ ПЛАТФОРМ
ПРИ СОВМЕШНОМ ДЕЙСТВИИ ОСЕВЫХ СИЛ
И СКРУЧИВАЮЩИХ МОМЕНТОВ
ОТ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ВЕТРА И ВОЛН**

**METHODOLOGY FOR CALCULATING THE STABILITY
OF THE SUPPORT LEGS OF FIXED OFFSHORE PLATFORM
BLOCKS UNDER THE COMBINED ACTION OF AXIAL FORCES
AND TORSION MOMENTS FROM THE CYCLIC CIRCULATION
OF WIND AND WAVES**

Су-И-Нао

Инженерная академия

Фурсов Александр Юрьевич

ГУП РК «Черноморнефтегаз»

Григулецкий Владимир Георгиевич

доктор технических наук, профессор,
Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет)
имени И.М. Губкина
gvg-tnc@mail.ru

Аннотация. В статье кратко описаны основные аварии морских стационарных платформ, обусловленные изгибом опорных стоек блоков, как следствие потери устойчивости прямолинейной формы равновесия оси стоек. Указаны аварии морских платформ, происшедшие в Каспийском море (1962 г.), Северном море (1965 г., 1980 г.), у берегов Канады (1982 г.), в Южно-Китайском море (1983 г.), у берегов Бразилии (2001 г.) и др. Предполагается, что одной из главных причин разрушения конструкций морских платформ (448 аварий за период 1973–1981 гг.) и опрокидывания (160 аварий) является изгиб опорных стоек блоков от совместного воздействия штормовых волн, сил собственного веса стоек, сжимающей сосредоточенной нагрузки от веса технологического оборудования и веса верхней палубы и скручивающего момента от циклонической циркуляции ветра и волн. Впервые приведённые расчёты критической длины (высоты) опорной стойки МСП при совместном действии осевых сжимающих сил и скручивающего момента показывают, что значения скручивающего момента необходимо учитывать при расчётах и проектировании параметров опорных стоек блоков МСП.

Ключевые слова: авария; платформа морская; осевые силы; скручивающий момент; критическая длина стойки; циклоническая циркуляция ветра и волн.

Введение

Ибрагимов А.М. в 1962 году одним из первых выполнил анализ причин разрушения морских нефтепромысловых сооружений в Каспийском море за 1957–1959 гг. и установил, что основными причинами повреждений и разрушений морских эстакад являются не только штормовые волны (т.е. воздействие на сооружение волн большой интенсивности, чем это было принято проектом), но и

Su-I-Nao

Engineering Academy

Fursov Alexander YurievichState Unitary Enterprise of the Republic of
Crimea «Chernomorneftegaz»**Griguletsky Vladimir Georgievich**

Doctor of Technical Sciences, Professor,
National University of Oil and Gas
«Gubkin University»
gvg-tnc@mail.ru

Annotation. The article briefly describes the main accidents of offshore stationary platforms caused by the bending of the support legs of the blocks, as a result of the loss of stability of the rectilinear balance of the axis of the legs. Indicated are the accidents of offshore platforms that occurred in the Caspian Sea (1962), the North Sea (1965, 1980), off the coast of Canada (1982), in the South China Sea (1983), off the coast of Brazil (2001) and others. It is assumed that one of the main reasons for the destruction of structures of offshore platforms (448 accidents for the period 1973–1981) and overturning (160 accidents) is the bending of the support legs of the blocks from the combined effect of storm waves, gravity forces racks, compressing the concentrated load from the weight of the processing equipment and the weight of the upper deck and the torsion moment from the cyclonic circulation of wind and waves. For the first time, the calculations of the critical length (height) of the fixed offshore platform support post under the combined action of axial compressive forces and a twisting moment show that the values of the twisting moment must be taken into account when calculating and designing the parameters of the support legs of the fixed offshore platform blocks.

Keywords: offshore platform; axial forces; twisting moment; critical length of the rack; cyclonic circulation of wind and waves.



пренебрежение направлением подхода и формы волнения, а также несоответствие типов конструкций естественным условиям и др.» [1, с. 30].

В статье [1] особенно подробно отмечается случай повреждения крупноблочного морского основания № 290.

Основание № 290 запроектировано для бурения от одной до трёх (последовательно в трёх точках) двухствольных скважин в море. Нагрузка в крюке составляет 120 тонн при одновременном нахождении за «пальцами» свечей бурильных труб весом 45 тонн. Основание состоит из пяти (шести) опорных блоков, причём четыре из них были установлены под рабочую площадку основания и один – под жилую. Кроме того, основание имеет две посадочные площадки и два пешеходных мостика.

Вертикальные нагрузки на отдельные ноги основания слагаются из веса оборудования, веса различных материалов и собственного веса конструкций, а также из дополнительных нагрузок, возникающих при действии на сооружения совокупности горизонтальных усилий (ветер, волнение и течение).

В результате анализа последствий шторма было установлено, что почти все блоки, предназначенные для бытовых помещений, опрокинуты или сильно деформированы, сломан верхний пояс верхнего строения производственных блоков, а также имели место срыв надводных и подводных подкосов, связей и другие разрушения. Всё это говорит о том, что в отношении устойчивости блоки культбудки значительно уступают центральному и производственному блокам. Процесс повреждения оснований по время шторма происходит примерно так: **серии огромных волн обрушивались на основание, вследствие этого промежуточные секции, а также надводные связи, создающие жёсткость между блоками, вышли из строя, блоки деформировались (зашаталась), а местами раскололись примерно так, как у основания № 410.** Буровики, находившиеся на расстоянии 500–600 м от этого основания, заметили, что секции между центральным и производственным блоками в момент взаимодействия с волной резко наклонились к морю, а затем скрылись под водой. После этого центральный блок с вышкой стал сильно колебаться и так же, как промежуточные секции, опрокинулся в море.

Характер аварий этих сооружений исследовать в достаточной степени не удалось из-за большой глубины и суровых гидрометеорологических условий; захламлённость участка частями металлоконструкций, буровым оборудованием, вышками не позволила использовать водолазов. По грубо приближённым отрывочным сведениям, полученным от водолазов, установлен следующий характер деформаций и разрушений: в отличие от эстакадных площадок здесь около 70 % опорных блоков выдернуто вместе с забитыми сваями (анкерами), а остальные согнулись и сломались в пределах точки заземления. Анализ последствий шторма позволил выяснить, насколько нерационально были выбраны отдельные узлы конструкций. Обобщение изложенного выше анализа, а также анализ результатов последующих исследований в этой области дают нам возможность, **с целью увеличения жёсткости оснований и устойчивости блоков рекомендовать следующие конструктивные мероприятия:**

– во-первых, установку дополнительных связей жесткости между блоками производственной площадки оснований;

– во-вторых, увеличение горизонтальных размеров конструкции блоков в нижней их части.

Оптимальными для этих целей могут служить блоки пирамидальной конструкции. Имеющихся фактических материалов недостаточно для полного уяснения физических сторон явления в целом, но уже сейчас можно отметить, что одной из причин разрушения одних и сохранения других оснований, находившихся в одних и тех же условиях, по всей вероятности, являются производственные факторы. Сравнительный анализ произведён нами для видов оснований. Здесь мы ограничиваемся лишь описанным выше, так как конструктивные и гидрометеорологические условия, а также картина повреждений и разрушений их почти одинаковы» [1].

В качестве основных видов А.М. Ибрагимов отмечает следующие положения [1].

1. Основной причиной повреждения и разрушения морских нефтепромысловых гидротехнических сооружений в период жестоких штормов в районе строительства является то, что в основу расчёта сооружений были положены в качестве исходных данные краткосрочных гидрометеорологических наблюдений.

Зафиксированные элементы волн оказались большими, чем принятые проектом. Отклонение действительных значений элементов волн от принятых создало условия для разрушения и повреждения. Поэтому исходные гидрометеорологические данные для проектирования гидротехнических сооружений необходимо определять на базе долгосрочных наблюдений.

2. **Для повышения устойчивости морских нефтепромысловых гидротехнических сооружений необходимо добиваться увеличения размеров оснований в плане применением наклонных опор, укрупнённых блоков, строительства сооружений, связанных в одну общую жёсткую систему, и созданием оснований, исключающих возможность одновременного действия на них более одной волны** [1].

Таким образом, анализ причин разрушения морских нефтепромысловых сооружений в Каспийском море [1] в 1962 году показал необходимость повышения устойчивости морских гидротехнических сооружений и, следовательно, исследования этой проблемы.



18 декабря 2013 года газета «Vesti.ru» описала первую катастрофу в истории освоения крупнейших нефтегазовых месторождений Северного моря. Первая катастрофа в Северном море произошла **27 декабря 1965 года**. СПБУ «Sea Gem» представляла собой старую баржу, поставленную на 10 металлических опор, и именно опоры ее подвели. Для перемещения с места на место барже необходимо было опуститься на поверхность воды, то есть «поднять ноги». В процессе этой операции две из десяти опор согнулись и сломались. Баржа перевернулась, и всё, что было на ней незакрепленного, включая экипаж, посыпалось в холодные воды Северного моря. В результате погибли 13 членов экипажа. Причина аварии – усталость металла.

Из краткого описания аварии следует, что главной причиной аварии этой катастрофы является **изгиб двух «опорных стоек» из-за потери устойчивости прямолинейной формы равновесия**.

В.Ф. Сидорченко [2] в 2006 году опубликовал большую монографию, в которой описаны многие важные юридические аспекты разных катастроф на море (корабли, самолеты, паромы и т.д.). В книге [2] отмечаются кратко некоторые крупные аварии с морскими платформами. В частности, описываются следующие аварии. **В марте 1980 года** в Северном море разломилась и опрокинулась норвежская буровая платформа «Alexander Keilland». Из 212 человек, находившихся на платформе, погибло 123 человека. Причина катастрофы – усталость металла (рис. 1).

20 марта 2001 года (news.ru.com) у берегов Бразилии произошла совершенно аналогичная авария и разрушение крупнейшей полупогружной платформы P-32. Платформа весом 33 тыс. тонн и высотой 130 м затонула в море на глубине 1600 м. Морская платформа принадлежала компании «Petrobras» затонула после трёх взрывов на ней (рис. 2).

В сентябре 1982 года недалеко от берегов Канады перевернулась и затонула американская нефтяная буровая платформа «Ocean Ranger». Причина катастрофы – небывалый ураган. Ударами 15-метровых волн были разбиты окна и затоплены жилые помещения. Сверхнадежная полупогруженная в океан железобетонная конструкция весом десятки тысяч тонн, считавшаяся абсолютно непотопляемой, получила опасный крен и затонула. На платформе находилось 84 человека, все погибли.



Рисунок 1 – Авария буровой платформы «Alexander Keilland» в Северном море (Норвегия, март 1980 года, погибло 123 человека)



Рисунок 2 – Крушение полупогружной платформы P-36 в 2001 году у побережья Бразилии на глубине 130 м (www.neftianka.ru)

25 октября 1983 года в Южно-Китайском море в 60 милях южнее острова Хайнань во время тайфуна «Лекс» бесследно исчезла вместе с экипажем (81 человек) буровая платформа «Гломар Ява Си». Экипаж платформы подал сигнал бедствия, а затем связь с ним прервалась. В момент катастрофы ветер



достигал скорости 140 км/ч, а высота волн была 8–14 м. Предполагается, что под воздействием тайфуна платформа получила ряд повреждений, потеряла устойчивость, опрокинулась и затонула. Погибли 81 чел.

В книге [2] приведены, кроме того, результаты статистического анализа крупных аварий на морских платформах при бурении и добыче нефти и газа в разных районах мира, выполненные японскими учёными в 1986 году [3]. При этом отмечается следующее [2, 3]. За 9 лет (1973–1981 гг.) во всём мире с морскими платформами произошло 1417 аварий, в том числе: столкновения при транспортировке – 223 аварии; разгерметизация средств плавучести – 73 аварии; опрокидывание – 160 аварии; разрушение конструкции платформ – 448 аварии; потери управления – 87 аварии и т.д. [2, с. 30]. Из краткого описания аварий [2, 3] можно предположить, что одной из главных причин разрушения конструкций морских платформ (448 аварий) и опрокидывания (160 аварий) является изгиб опор от совместного воздействия штормовых волн, сил собственного веса опорных стоек, сжимающей сосредоточенной нагрузки от веса технологического оборудования и веса верхней палубы, а также действия скручивающего момента вследствие циклонической циркуляции и течения воды в море. Таким образом, можно предположить, что из общего числа аварий с морскими платформами за 9 лет (1973–1981 гг.) – 1417 аварий, 608 аварий (448 + 160 = 608), т.е. 42,9 % произошли из-за деформации опорных стоек, прежде всего, и, следовательно, из-за потери устойчивости прямолинейной формы равновесия, что может свидетельствовать об актуальности исследования и важности изучения этой проблемы для техники и технологии освоения морских месторождений углеводородов (нефть, газ).

В.И. Богоявленский [4], характеризуя чрезвычайные ситуации при освоении ресурсов углеводородов на акваториях, отмечает, в частности, следующее. Начиная с 2005 года, история нефтегазодобычи в Мексиканском заливе полна драматических событий. В 2005–2008 гг. здесь свирепствовала серия мощных ураганов, повредив инфраструктуру многих морских нефтегазовых промыслов и нанеших значительный урон нефтегазовой индустрии США. В августе 2005 года ураган «Katrina» разрушил 44 и повредил 20 буровых и добывающих платформ, а в сентябре 2005 года ураган «Rita» разрушил 62 буровых и 32 добычных платформы.

Они же повредили 100 и 83 трубопровода. Из-за разрушений «Katrina» в воду вылилось около 26 тыс. тонн (190 тыс. баррелей) нефти и нефтепродуктов. В статье [4], в частности, кратко описан случай, когда современная морская самопогружная плавучая платформа для бурения установка (СПБУ) во время сильного шторма явно потеряла устойчивость, разрушила одну опору и затонула у берегов Анголы. 2 июня 2013 года у берегов Анголы в районе устья реки Конго, не успев приступить к бурению, затонула новейшая (2009 года постройки) СПБУ «Petro Negro-6» компании «Saipen SpA», способная бурить скважины до глубины 3100 м. Катастрофа произошла из-за слома одной из трёх опор во время сильного волнения. При этом один человек погиб, а пятеро получили травмы [4].

Можно предположить, что разрушение одной опоры СПБУ от сильного шторма у берегов Анголы также произошло в результате потери устойчивости прямолинейной формы равновесия одной опоры платформы. Вопросы освоения углеводородов арктического шельфа России [5–7], безопасность мореплавания [8] и особенно обеспечения экологических требований континентального шельфа [9] требуют повышения устойчивости морских стационарных платформ.

О методике расчёта устойчивости прямолинейной формы равновесия опорных стоек блоков морских стационарных платформ

В работе [10] проведено исследование устойчивости плоской формы равновесия опорных стоек блоков морских глубоководных стационарных платформ энергетическим методом Рэлея-Ритца в форме С.П. Тимошенко. Для нахождения критической длины (высоты) опорной стойки получены простые приближённые соотношения, учитывающие волновую статическую нагрузку, выталкивающую силу Архимеда, вес специального технологического оборудования и собственный вес свай.

В статье [11] впервые проведено исследование устойчивости пространственной формы равновесия опорных стоек блоков морских глубоководных стационарных платформ при совместном действии осевых сил и скручивающих моментов от циклонической циркуляции ветра и волн. В качестве расчётной схемы анализа при этом принималось, что действующие на опору внешние силы являются консервативными, опорная стойка представляет собой вертикальный упругий тяжёлый стержень, испытывающий совместное действие сил собственного веса, сосредоточенной сжимающей силы, равной весу технологического оборудования и верхнего палубного блока платформы и консервативного скручивающего момента от действия циклонической циркуляции ветра и волн. Напряжённое деформирование состояние стойки при изгибе оси описывается известными дифференциальными уравнениями линейной теории упругости [12]. Нижний конец опоры жёстко закреплён, а верхний – свободный, т.е. имеем консольный тяжёлый упругий стержень, испытывающий совместное действие осевых сил и скручивающего момента (рис. 3).

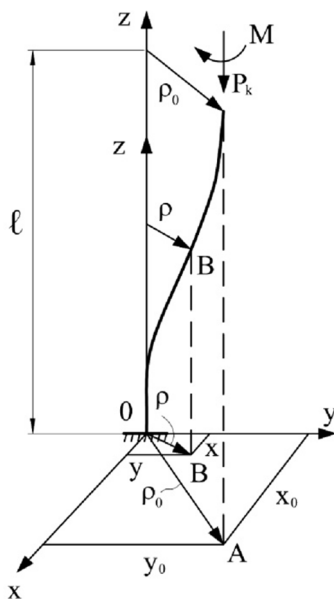


Рисунок 3 – Расчётная схема пространственного изгиба оси опорной стойки МСП при совместном действии осевых сжимающих сил и скручивающего момента

Применительно к условиям работы опорных стоек блоков морских стационарных платформ, запишем статические уравнения равновесия изгиба оси стойки в виде:

$$\begin{cases} EJ \frac{d^4 x}{dz^4} + M \frac{d^3 y}{dz^3} + P_k \frac{d^2 x}{dz^2} + \frac{d}{dz} \left[q(L-x) \frac{dx}{dz} \right] = 0, \\ EJ \frac{d^4 y}{dz^4} - M \frac{d^3 x}{dz^3} + P_k \frac{d^2 y}{dz^2} + \frac{d}{dz} \left[q(L-x) \frac{dy}{dz} \right] = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где EJ – изгибная жёсткость стержня (стойки); M – скручивающий момент; P_k – осевая сосредоточенная сжимающая сила, приложенная к верхнему концу стержня (стойки); L – длина стойки (стержня, вала); q – вес единицы длины стержня.

Вводя комплексный прогиб (r) по формуле:

$$r(x,y) = x + iy, \quad (2)$$

система двух линейных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами (1) приводится к одному комплексному уравнению:

$$EJ \frac{d^4 r}{dz^4} - iM \frac{d^3 r}{dz^3} + P_k \frac{d^2 r}{dz^2} + \frac{d}{dz} \left[q(L-z) \frac{dr}{dz} \right] = 0, \quad (3)$$

i – мнимая единица ($i^2 = -1$).

Систему двух линейных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами (1) можно записать в виде:

$$\begin{cases} EJ \frac{d^4 x}{dz^4} + M \frac{d^3 y}{dz^3} + P \frac{d^2 x}{dz^2} - q \frac{d}{dz} \left(z \frac{dx}{dz} \right) = 0, \\ EJ \frac{d^4 y}{dz^4} - M \frac{d^3 x}{dz^3} + P \frac{d^2 y}{dz^2} - q \frac{d}{dz} \left(z \frac{dy}{dz} \right) = 0, \end{cases} \quad (4)$$

где
$$P = P_k + qL. \quad (5)$$

Комплексное линейное дифференциальное уравнение с переменными коэффициентами (3) при этом можно записать в виде:

$$EJ \frac{d^4 r}{dz^4} - iM \frac{d^3 r}{dz^3} + P \frac{d^2 r}{dz^2} - q \frac{d}{dz} \left(z \frac{dr}{dz} \right) = 0. \quad (6)$$



Для решений уравнений (4) (или (1)) принимаем следующие краевые условия:

$$\begin{aligned} y(0) = 0, \quad x(0) = 0, \\ y'(L) = 0, \quad x'(L) = 0. \end{aligned} \tag{7}$$

Эти соотношения впервые установлены в работах А.П. Мартыанова и соответствуют геометрии пространственной линии изгиба при совместном действии скручивающего момента (M) и осевой сжимающей силы (P), приложенной к верхнему свободному концу упругого стержня, а нижний конец стержня – закреплён (рис. 3).

А.П. Мартыанов [14–16] специально отмечает, что классическая теория устойчивости упругих систем в этом случае не даёт правильного решения задачи, потому, что **вместо правильных краевых условий (7) в известных работах Е.Л. Николаи [17], В.В. Болотина [19] и др. авторов, использовались краевые условия, не соответствующие геометрии пространственной линии изгиба:**

$$\begin{aligned} y(0) = x(0) = 0, \\ y'(L) = x'(L) = 0. \end{aligned} \tag{8}$$

В работах А.П. Мартыанова [14–16] для описания изогнутой оси невесомого стержня при совместном действии осевых сил и скручивающих моментов использовалась система линейных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} EJ \frac{d^2x}{dz^2} + Px + M \frac{dy}{dz} = 0, \\ EJ \frac{d^2y}{dz^2} + Py - M \frac{dx}{dz} = 0, \end{cases} \tag{9}$$

Эту систему дифференциальных линейных уравнений можно записать в виде одного линейного комплексного дифференциального уравнения:

$$EJ \frac{d^4r}{dz^4} - iM \frac{d^3r}{dz^3} + P \frac{d^2r}{dz^2} = 0, \tag{10}$$

где

$$r(x, y) = x + iy.$$

Для нахождения критических значений скручивающего момента (M) и осевой сжимающей силы (P) при нижнем закреплённом конце, а верхнем конце свободным (консольный стержень) (рис. 3) А.П. Мартыанов в 1967 году получил следующее соотношение:

$$\left(\frac{M}{EJ} \right)^2 + \frac{4P}{EJ} = \frac{\pi^2}{L^2}. \tag{11}$$

Формула (11) определяет значение критического скручивающего момента (M) и значение критической осевой сжимающей силы (P_к) только для невесомого упругого консольного стержня (вала, стойки и т.д.); в соотношении (11) нет параметра, учитывающего распределённые силы собственного веса стержня (вала, стойки). Чтобы учесть влияние сил собственного веса стержня (стойки) на пространственный продольный изгиб, вместо уравнений (9) необходимо решить соответствующую краевую задачу для системы линейных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами (11); это решение имеет сложное аналитическое решение и не выражается через элементарные функции [20].

Чтобы учесть влияние сил собственного веса стойки на изгиб оси, воспользуемся известными и фундаментальными результатами Н.П. Гришковой [1], которая в 1928 году опубликовала важную теоретическую работу по исследованию влияния сил собственного веса на продольный изгиб упругих стержней. Рассматривая изгиб упругого тяжелого стержня с нижним зажатым концом, а верхним – свободным, Н.П. Гришкова установила, что при нахождении значения критической силы (P_{кп}) для тяжелого упругого стержня можно использовать приближённую формулу:

$$P_{кп} = P_э - \frac{Q}{3,127}, \tag{12}$$

или приближённо:

$$P_{кп} = P_э - \frac{1}{3}Q, \tag{13}$$

где Q – вес стержня длиной L (Q = qL); q – вес единицы стержня; P_э – критическая сила по Эйлеру для консольного стержня:

$$P_э = \left(\frac{\pi^2}{4} \right) \frac{EJ}{L^2}. \tag{14}$$



Учитывая результаты Н.П. Гришковой [21] и формулу (13), основное соотношение (11) можно записать в виде:

$$\left(\frac{M}{EJ}\right)^2 + \frac{4}{EJ}\left(P + \frac{1}{3}qL\right) = \frac{\pi^2}{L^2}. \tag{15}$$

Соотношение (15) можно использовать для приближённого нахождения критических значений скручивающего момента, осевой сжимающей силы и длины стойки при защемлении нижнего конца, и верхнем – свободном конце. Структура соотношения (15) показывает, что в общем случае для нахождения значения критической длины (высоты) опорной стойки (L) при заданных значениях скручивающего момента (M) и осевой сжимающей силы (P_к) необходимо найти корни кубического уравнения вида:

$$AL^3 + BL^2 - C = 0, \tag{16}$$

где A, B и C – постоянные положительные коэффициенты.

Отметим, что из соотношения (15) в частном случае получают следующие результаты.

Пусть q = 0 (невесомый стержень) и M = 0 (отсутствует скручивающий момент), тогда из формулы (15) находим точное значение критической силы для упругого консольного стержня:

$$P_{кр} = \left(\frac{\pi^2}{4}\right) \frac{EJ}{L^2}. \tag{17}$$

Эта формула получена Леонардом Эйлером в 1744 году (С.П. Тимошенко).

Пусть P = 0 (отсутствует осевая сжимающая сила) и M = 0 (отсутствует скручивающий момент), тогда из формулы (15) находим приближённое значение критического веса упругого консольного стержня:

$$(qL)_{кр} = 7,84 \left(\frac{EJ}{L^2}\right). \tag{18}$$

Точное значение критического веса упругого консольного стержня равно:

$$(qL)_{кр} = 7,83 \left(\frac{EJ}{L^2}\right). \tag{19}$$

Соотношение (19) получено А.Гринхиллом в 1881 году (С.П. Тимошенко, А. Ляв). Отклонение приближённого соотношения (18) от точного (19) составляет менее 2 %.

Пусть M = 0 (отсутствует скручивающий момент), тогда из формулы (17) находим соотношение, которое определяет критическую осевую сжимающую силу для тяжёлого упругого консольного стержня:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2}{4} \frac{EJ}{L^2} - \frac{1}{3}qL. \tag{20}$$

Эта формула впервые получена в работе Н.П. Гришковой в 1928 году.

Пусть q = 0 (невесомый стержень), тогда из формулы (15) находим соотношение:

$$\left(\frac{M}{EJ}\right)^2 + \frac{4P}{EJ} = \frac{\pi^2}{L^2}. \tag{21}$$

Это соотношение впервые строго получено в 1967 году в работе А.П. Мартьянова [20] и определяет значения осевой сжимающей силы (P) и скручивающего момента (M) **при пространственной потере устойчивости для невесомого упругого консольного стержня.**

Таким образом, соотношение (15) является наиболее общим и включает все частные результаты, полученные ранее в работах известных учёных.

Введём безразмерные единицы:

$$EJ = qm^3, \quad L = m\ell, \quad M = qm^2\mu, \quad P_k = qmp \tag{22}$$

и запишем соотношение (15) в виде кубического алгебраического уравнения относительно безразмерной длины (ℓ):

$$\ell^3 + 3 \left[\left(\frac{\mu}{2}\right)^2 + p \right] \ell^2 - \frac{3}{4} \pi^2 = 0. \tag{23}$$



Уравнение (23) допускает точное аналитическое решение, но для практических приложений можно использовать какой-либо приближённый метод (например, метод Ньютона) [22].

Введём для краткости и наглядности анализа следующее обозначение:

$$p^* = \left(\frac{\mu}{2}\right)^2 + p. \tag{24}$$

Уравнение (23) можно записать в виде:

$$\ell^3 + 3p^* \ell^2 - 7,3947 = 0. \tag{25}$$

Для практических расчётов в таблицах 1 и 2 приведены значения корней уравнения (25) при малых (табл. 1) и больших (табл. 2) значениях параметра p^* .

Таблица 1 – Значения корней алгебраического кубического уравнения (25) при «малых» значениях параметра p^*

p^*	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0	2,0
ℓ	1,9482	1,8532	1,7674	1,6898	1,6195	1,5556	1,3099	1,0259

Таблица 2 – Значения корней алгебраического кубического уравнения (25) при «больших» значениях параметра p^*

p^*	5	10	15	20	25	30	35	40	50
ℓ	0,6866	0,4924	0,4036	0,3500	0,3133	0,2819	0,2620	0,2480	0,2219

Отметим, что при больших значениях параметра p^* ($p^* > 5$) для определения значения критической длины (высоты) опорной стойки можно использовать простую приближённую формулу:

$$\ell = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{1}{p^*}}. \tag{26}$$

Значение параметра p^* при этом определяется по формуле (24).

Пример расчёта

В качестве примера расчётов рассмотрим случай, когда морская стационарная платформа состоит из трёх основных частей.

Основание (опорного блока) высотой 42 м, состоящее из стальных труб с наружным диаметром 1420 мм и толщиной стенки 16,5 мм из стали 09Г2С, скреплённых диафрагмами и усиленными рёбрами жёсткости.

Сваи длиной 76 м (на 35 м) забиты в грунт, из стальных труб 1020 мм с наружным диаметром 14 мм из стали 09Г2С.

Верхнего строения длиной 17 м (палубы) для установки технологического оборудования с целью первичной подготовки и дальнейшей транспортировки углеводородов.

Общая масса МСП составляет 1274 тонн.

На опоры действует волновое воздействие, силы собственного веса, выталкивающая сила и дополнительная нагрузка от нарастающих ракушек и водорослей. Максимальная нагрузка на одну опору составляет 1239,3 тонны. При этом принимаем следующее распределение внешних сил:

- собственный вес свай длиной 76 метров из труб диаметром 1020 мм с толщиной стенки 14 мм составляет 26,3 тс;
- собственный вес верхней части свай длиной 41 м составляет 14,2 тс;
- вес оборудования равен 63,0 тс;
- вес обрастаний составляет 9,0 тс;
- волновая нагрузка равна 720 тс.

Момент инерции поперечного сечения труб диаметром 1020 мм с толщиной стенки 14 мм равен $I = 559842 \text{ см}^4$ (ГОСТ 10704-91), а масса одного метра трубы равна 347 кг/м ($q = 3,47 \text{ кг/см}$).

Значение скручивающего момента (M) можно принять равным $M = 82620 \text{ кН} \cdot \text{м}$. Это значение установлено приближённо на основе анализа основных положений расчёта прочности полупогружных платформ на волнении, которые отражены в статье И.Н. Галахова [23].

В работе И.Н. Галахова [23] приведены важные расчётные значения системы узловых сил, вызывающих общий сдвиг поперечных сечений платформы (Q_2) и скручивание (Q_3) конструкции платформы:



$$Q_2 = C_{Q_2} \left(\frac{D}{2} \right), \quad C_{Q_2} = 0,06,$$

$$Q_3 = C_{Q_3} \left(\frac{D}{2} \right) L, \quad C_{Q_3} = 0,04,$$

и специально отмечается, что «полученные результаты отражают свойства данной платформы в определённых условиях волнения. При изменении параметров платформы или характеристик волнения расчётные нагрузки могут изменяться» [22].

Из приведённых значений коэффициентов распределения системы узловых сил, вызывающих общий сдвиг поперечных сечений платформы ($C_{Q_2} = 0,06$) и системы узловых сил, вызывающих скручивание конструкции платформы ($C_{Q_3} = 0,04$) видно, что они являются величинами одного порядка, поэтому при значении общей сосредоточенной силы $P_{сж} = 1239,3$ тонн (максимальная нагрузка на одну опору) для платформы размером 20x20 м (аха) можно приближённо найти значение скручивающего момента по формуле:

$$M = P_{сж} \left(\frac{C_{Q_3}}{C_{Q_2}} \right) \frac{1}{2} a,$$

или
$$M = 1239300 \left(\frac{0,04}{0,06} \right) \frac{1}{2} 20 = 8262000 \text{ кг} \cdot \text{м} = 82620 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Отметим, что это значение скручивающего момента (M), действующего на морскую стационарную платформу, принято приближённо из-за отсутствия фактических экспериментальных данных.

Для расчётов на прочность полупогружных и стационарных морских платформ весьма важно знать фактические значения узловых сил, вызывающих скручивание конструкции платформ, поэтому необходимо провести соответствующие экспериментальные исследования в этом направлении.

Находим значения параметров:

$$m = \sqrt[3]{\frac{EJ}{q}} = \sqrt[3]{\frac{2,1 \cdot 10^6 \cdot 559842}{3,47}} = 6970 \text{ см} = 69,70 \text{ м};$$

$$p = \frac{P_k}{qm} = \frac{720000 + 63000}{347 \cdot 69,70} = 32,37 \text{ б.е.};$$

$$\mu = \frac{M}{qm^2} = \frac{8262000}{347 \cdot (69,70)^2} = 4,90 \text{ б.е.};$$

$$p^* = \left(\frac{\mu}{2} \right)^2 + p = \left(\frac{4,90}{2} \right)^2 + 32,37 = 38,37 \text{ б.е.}$$

Так как значение p^* значительно больше $p^* = 5$, то можно использовать приближённую формулу (26) и найти критическое значение длины (высоты) опорной стойки:

$$\ell = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{1}{p^*}} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{1}{38,37}} = 0,25 \text{ б.е.}$$

или в размерных единицах:

$$L = m\ell = 69,70 \cdot 0,25 = 17,4 \text{ м}.$$

Если не учитывать эффект скручивания конструкции платформы и положить $M = 0$, то можно найти значение:

$$\ell = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{1}{p}} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{1}{32,37}} = 0,28 \text{ б.е.}$$

или в размерных единицах:

$$L = m\ell = 69,70 \cdot 0,28 = 19,5 \text{ м}.$$

Сравнивая значения $L = 19,5$ м и $L = 17,4$ м, можно отметить их отличие на 12 %, которое объясняется действием скручивающего момента на значение критической длины (высоты) опорной стойки блоков МСП.



Расчёты проведены для иллюстрации применения новой методики определения критических значений длины (высоты), или осевой сжимающей силы, действующей на опорную стойку, или скручивающего момента, действующего на конструкцию платформы.

В качестве главного вывода по разделу можно отметить, что впервые предложена приближённая методика расчёта критической длины (высоты) опорной стойки блоков МСП при совместном действии осевых сжимающих сил от собственного веса, волновой нагрузки, веса технологического оборудования и скручивающего момента от циклонической циркуляции морского течения (по Б.В. Штокману) [23–25].

Литература:

1. Ибрагимов А.М. Анализ причин повреждений и разрушений морских нефтепромысловых гидротехнических сооружений основного типа // За технический прогресс. – 1962. – № 1. – С. 30–33.
2. Сидорченко В.Ф. Морские катастрофы. – СПб. : Центр Пресс, 2006. – 419 с.
3. Statistics of casualties of offshore structures / Maeda Hissaki [et al.] // Navigation. – 1986. – № 87. – P. 2–6.
4. Богоявленский В.И. Чрезвычайные ситуации при освоении ресурсов нефти и газа в Арктике и Мировом океане // Арктика: экология и экономика. – 2014. – № 4 (16). – С. 48–59.
5. Лаверов Н.П., Дмитриевский А.Н., Богоявленский В.И. Фундаментальные аспекты освоения нефтегазовых ресурсов арктического шельфа России // Арктика: экология и экономика. – 2011. – № 1. – С. 26–37.
6. Богоявленский В.И., Лаверов Н.П. Стратегия освоения морских месторождений нефти и газа Арктики // Морской сборник. – 2012. – С. 50–58.
7. Богоявленский В.И. Арктика и Мировой океан: современное состояние, перспективы и проблемы освоения ресурсов углеводородов // Труды Вольного экономического общества. – 2014. – Т. 182. – № 3. – С. 12–17.
8. Латуков С.В. Развитие морской нефтегазодобычи и проблемы безопасности мореплавания // Безопасность мореплавания. – 1986. – № 9 (193). – С. 13–16.
9. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. – М. : ВНИРО, 2017. – 326 с.
10. Григулецкий В.Г., Фурсов А.Ю. Устойчивость опорных стоек блоков морских глубоководных стационарных платформ при освоении нефтяных и газовых месторождений на шельфе // Нефтепромысловое дело. – 2020. – № 2 (614). – С. 66–75.
11. Григулецкий В.Г., Фурсов А.Ю. Устойчивость равновесия системы опорных стоек блоков морских глубоководных стационарных платформ при совместном действии осевых сил и скручивающих моментов от циклонической циркуляции ветра и волн // Нефтепромысловое дело. – 2020. – № 5 (617). – С. 54–61.
12. Григулецкий В.Г. Устойчивость тяжелого упругого стержня, вращающегося в вязкой среде при совместном действии неоднородных скручивающих моментов и осевых сил // Известия АН СССР. Механика твёрдого тела. – 1987. – № 1. – С. 172–177.
13. Григулецкий В.Г., Лукьянов В.Т. Проектирование компоновок нижней части буровой колонны. – М. : Недра, 1990. – 302 с.
14. Мартянов А.П. Некоторые вопросы упругой пространственной потери устойчивости стержней: автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. – М. : МИСИ, 1967. – 7 с.
15. Мартянов А.П. Об устойчивости сжато-скрученных стержней постоянного сечения по длине // Сборник трудов МИСИ. Кафедра сопротивления материалов. Нелинейные задачи сопротивления материалов. – 1967. – № 54. – С. 110–114.
16. Мартянов А.П. К определению критических параметров стержней переменного сечения при сложном нагружении // Сборник трудов МИСИ. Кафедра сопротивления материалов. Нелинейные задачи сопротивления материалов. – 1967. – № 54. – С. 115–118.
17. Николаи Е.Л. Устойчивость прямолинейной формы равновесия сжатого и скрученного стержня // Известия Ленинградского политехнического института. – 1928. – № 31. – С. 201–231.
18. Николаи Е.Л. К вопросу об устойчивости скрученного стержня // Вестник прикладной математики и механики. – 1929. – № 1. – С. 41–58.
19. Болотин В.В. Неконсервативные задачи теории упругой устойчивости. – М. : Физматгиз, 1961. – 340 с.
20. Тимошенко С.П. Устойчивость упругих систем. – М. : Гостехтеориздат, 1955. – 568 с.
21. Гришкова Н.П. Влияние собственного веса на продольный изгиб стержней // Вестник инженеров. – 1928. – № 3. – С. 149–152.
22. Григулецкий В.Г. Решение нелинейных уравнений и их систем: монография. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 367 с.
23. Галахов И.Н. Основные положения расчёта прочности полупогружных платформ на волнении // Судостроение. – 1978. – № 8. – С. 12–14.
24. Штокман В.Б. Избранные труды по физике моря. – Л. : Гидрометеиздат, 1970. – 336 с.
25. Штокман В.Б. Ветровой нагон и горизонтальная циркуляция в замкнутом море небольшой глубины // Известия АН СССР. География и геофизика. – 1941. – № 1.
26. Штокман В.Б. Поперечная неравномерность нагонного ветра как одна из важных причин горизонтальной циркуляции в море // Доклады АН СССР. – 1945. – Т. 49. – № 2.

References:

1. Ibragimov A.M. Analysis of the causes of damage and destruction of offshore oilfield hydraulic structures of the main type // For technical progress. – 1962. – № 1. – P. 30–33.



2. Sidorchenko V.F. Marine disasters. – SPb. : Center Press, 2006. – 419 p.
3. Statistics of casualties of offshore structures / Maeda Hissaki [et al.] // Navigation. – 1986. – № 87. – P. 2–6.
4. Bogoyavlensky V.I. Emergencies during the development of oil and gas resources in the Arctic and the World Ocean // The Arctic: Ecology and Economics. – 2014. – № 4 (16). – P. 48–59.
5. Laverov N.P., Dmitrievsky A.N., Bogoyavlensky V.I. Fundamental aspects of oil and gas resources development of the Russian Arctic shelf // The Arctic: Ecology and Economics. – 2011. – № 1. – P. 26–37.
6. Bogoyavlensky V.I., Laverov N.P. Strategy of development of the Arctic offshore oil and gas fields // Marine Digest. – 2012. – P. 50–58.
7. Bogoyavlensky V.I. The Arctic and the World Ocean: Current State, Prospects and Problems of Hydrocarbon Resources Development // Proceedings of the Free Economic Society. – 2014. – Vol. 182. – № 3. – P. 12–17.
8. Latukov S.V. Development of offshore oil and gas production and problems of safety of navigation // Safety of Navigation. – 1986. – № 9 (193). – P. 13–16.
9. Patin S.A. Oil and ecology of the continental shelf. – M. : VNIRO, 2017. – 326 p.
10. Griguletsky V.G., Fursov A.Yu. Stability of support legs of offshore deep-water stationary platform blocks during the development of oil and gas fields on the shelf // Oilfield Business. – 2020. – № 2 (614). – P. 66–75.
11. Griguletsky V.G., Fursov A.Y. Stability of Equilibrium System of Supporting Struts of Offshore Deep-Sea Fixed Platforms under Joint Action of Axial Forces and Torsional Moments from Cyclonic Wind and Wave Circulation // Oil Field Business. – 2020. – № 5 (617). – P. 54–61.
12. Griguletsky V. G. Stability of a Heavy Elastic Rod Rotating in a Viscous Medium under the Joint Action of Non-Homogeneous Torsional Moments and Axial Forces // Izvestia AS USSR. Mechanics of Solids. – 1987. – № 1. – P. 172–177.
13. Griguletsky V.G., Lukyanov V.T. Designing the layouts of the lower part of a drill string. – M. : Nedra, 1990. – 302 p.
14. Martyanov A.P. Some Issues of Elastic Spatial Loss of Rod Stability: Abstract of Dissertation for the Degree of Candidate of Technical Sciences. – M. : MISI, 1967. – 7 p.
15. Martyanov A.P. About Stability of Compressed-Twisted Rods of Constant Section along the Length // Collected Works of Moscow State University of Civil Engineering. Department of Strength of Materials. Non-linear Problems of Strength of Materials. – 1967. – № 54. – P. 110–114.
16. Martyanov A.P. To Determination of Critical Parameters of Rods of Variable Section under Complex Loading. Department of Strength of Materials. Nonlinear Problems of Strength of Materials. – 1967. – № 54. – P. 115–118.
17. Nikolai E.L. Stability of a Straight Form of Equilibrium of a Compressed and Twisted Rod // Izvestiya Leningradskogo Polytechnicheskogo Institut. – 1928. – № 31. – P. 201–231.
18. Nikolai E.L. To a Twisted Rod Stability // Bulletin of Applied Mathematics and Mechanics. – 1929. – № 1. – P. 41–58.
19. Bolotin V.V. Non-Conservative Problems of Elastic Stability Theory. – M. : Fizmatgiz, 1961. – 340 p.
20. Timoshenko S.P. The stability of elastic systems. – M. : Gostekhteorizdat, 1955. – 568 p.
21. Grishkova N.P. The Effect of Eigenweights on the Longitudinal Bending of Rods // Engineering Bulletin. – 1928. – № 3. – P. 149–152.
22. Griguletsky V.G. Solution of nonlinear equations and their systems: a monograph. – Krasnodar : KubGAU, 2019. – 367 p.
23. Galakhov I.N. Basic Provisions of Calculation of Strength of Semisubmersible Platforms in Waves // Shipbuilding. – 1978. – № 8. – P. 12–14.
24. Shtokman V.B. Selected Works on Sea Physics. – L. : Hydrometeoizdat, 1970. – 336 p.
25. Shtokman V.B. Wind surge and horizontal circulation in a shallow enclosed sea // Izvestiya AS USSR. Geography and Geophysics. – 1941. – № 1.
26. Shtokman V.B. Transverse non-uniformity of wind surge as one of the important causes of horizontal circulation in the sea//Papers of the USSR Academy of Sciences. – 1945. – Vol. 49. – № 2.



УДК 665.61.543.32

ФАКТОРЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ ОСЛОЖНЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ, А ТАКЖЕ СПОСОБЫ БОРЬБЫ С НИМИ

FACTORS THAT CAUSE COMPLICATIONS IN THE OPERATION OF OIL AND GAS EQUIPMENT AND WAYS TO DEAL WITH THEM

Царьков Игорь Владимирович

старший преподаватель
кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и
газовых месторождений,
Самарский государственный технический университет
tsarkov.igor.samara@gmail.com

Мозговой Георгий Сергеевич

старший преподаватель
кафедры бурение нефтяных и газовых скважин,
Самарский государственный технический университет
gsmozgovoi@mail.ru

Шерер Сергей Александрович

Студент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных
И газовых месторождений,
Самарский государственный технический университет
serzh.sherer@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются основные причины, по которым нефтегазовое оборудование, состоящее из металлических деталей, выходит из строя. Описываются процессы старения, износа, а также коррозии вследствие добычи сероводородосодержащих нефтей. Также приводятся основные и распространенные методы борьбы с данными осложнениями.

Ключевые слова: старение, материалы, усталость, коррозия, трение, износ, сероводород, нейтрализация, отложения, отдувка, сепарация, профилактика.

Tsarkov Igor Vladimirovich

Senior Lecturer,
Department of Development and
Operation of Oil and
Gas Fields Exploitation,
Samara State Technical University
tsarkov.igor.samara@gmail.com

Mozgovoy Georgy Sergeevich

Senior Lecturer of the Oil and
Gas Wells Drilling Department,
Samara State Technical University
gsmozgovoi@mail.ru

Sherer Sergey Alexandrovich

Student,
Department of Development and
Operation of Oil and
Gas Fields Exploitation,
Samara State Technical University
serzh.sherer@gmail.com

Annotation. The article discusses the main reasons why oil and gas equipment consisting of metal parts fails. The processes of metal wearing and corrosion due to the extraction of hydrogen sulfide-containing oils are described. The main and common methods of dealing with complications are given.

Keywords: materials, metal, wear, corrosion, friction, hydrogen sulfide, neutralization, sedimentation, blow-off, separation, prevention.

Старение материала – это постепенное, необратимое изменение его свойств. Вне зависимости от того, с какой точки зрения рассматривать данный процесс, с экономической или технологической, старение – вредный процесс, так как с течением времени заданные необходимые свойства материалов ухудшаются, что приводит к различиям между проектными показателями и фактическими. Из данного суждения следует вывод, что старение материала в конечном счете приводит к тому, что запланированные показатели предприятий не выполняются.

Процесс старения в любом своем проявлении активно развивается при наличии определенных условий действующей на материал внешней среды. В основном старение материала связано с рекристаллизацией, химическими реакциями, хемосорбцией, диффузией, коррозионными процессами и увлажнением. Именно эти процессы в большей степени влияют на изменение первоначальных характеристик материала, из которого сделано оборудование. Это в свою очередь ведет к повреждению элемента оборудования, а также к опасности возникновения критического отказа всей системы.

Исследование всех факторов дало возможность выделить основные причины, приводящие к старению металлических изделий: 1) деформационное старение, 2) водородное старение (снижение структурности, ослабление внутренних сил взаимодействия), 3) повторяющееся воздействие нагрузок (вызывает микропластические деформации). Старение также можно представить комплексным явлением, которое наблюдается при совместном воздействии таких процессов, как коррозия и усталость.

Усталость – процесс разрушения элементов оборудования, возникающий под действием многократных повторяющихся знакопеременных нагрузок. При этом чем больше нагрузки превышают предел выносливости материала, тем интенсивнее идет процесс усталостного разрушения. При этом разрушения связаны с образованием и развитием усталостных трещин (рис. 1).

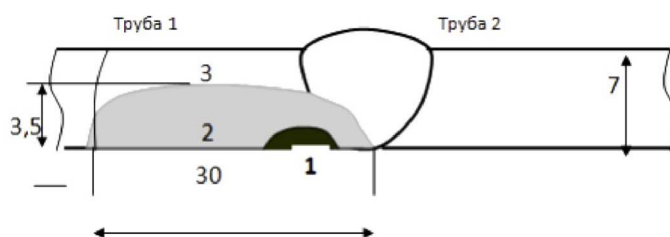


Рисунок 1 – Схема развития усталостной трещины: 1 – очаг возникновения трещины; 2 – зона усталостного распространения трещины; 3 – зона ускоренного развития трещины

Усталостные воздействия невозможно избежать простым способом. Для снижения усталостных воздействий необходимо менять технологию работ, либо ослаблять нагрузку на изделие, либо распределять эту нагрузку на другие элементы конструкции.

Коррозия – процесс разрушения материалов вследствие физико- химического взаимодействия с внешней средой. Ввиду коррозии сокращается срок службы нефтегазового оборудования, возникают аварийные разливы нефти, а также к загрязнению окружающей среды.



Рисунок 2 – Коррозия как следствие воздействия сероводорода

Существующие на данный момент способы борьбы с коррозией делят на 4 группы: 1) удаление сероводорода из продукции скважин, 2) профилактика образования биогенного сероводорода, 3) профилактика сероводородной коррозии нефтепромыслового оборудования, 4) профилактика образования отложений сульфида железа в продуктивном пласте и скважинном оборудовании. Данные методы могут быть использованы как по отдельности, так и в комплексе. Удаление сероводорода из продукции осуществляется 2-я способами: 1) физический, 2) химический.

Среди физических способов, основывающихся на десорбции молекул сероводорода в газовую фазу, выделяют три основных: 1) сепарацию (когда сероводород выделяется из продукции скважин вместе с другими нефтяными газами); 2) ректификацию (процесс разделения двойных или многокомпонентных смесей за счёт противоточного массообмена между паром и жидкостью); 3) отдувку (противоточным пропусканием газа, не содержащего молекул сероводорода).

Химические методы удаления сероводорода в продукции нефтяных скважин основаны на его экстракции растворами химических реагентов (поглотителей сероводорода), их делят на три основных: 1) нейтрализация с получением на выходе органических соединений серы (сульфидов, меркаптанов, дисульфидов); 2) нейтрализация с получением на выходе неорганической соли (сульфида, сульфита, сульфата); 3) окислительно-восстановительный метод с получением серы.

Профилактика образования биогенного сероводорода заключается в ослаблении прогрессирующего биоценоза. Используемые на данный момент методы можно разделить на физические и химические. Физические: 1) методы удаления биологических отложений, 2) нанесение на защищаемые поверхности необрастающих покрытий, 3) различные обработки защищаемой среды. Химические: 1) озонирование, 2) обработка бактерицидами (вещества, подавляющие жизнедеятельность бактерий).

Основные методы противокоррозионной защиты делятся на технические и технологические. Технологические направлены на изменение технологии добычи, подготовки, транспортировки продукции скважин. Технические методы подразумевают применение специальных средств и материалов, защищающих оборудование от коррозии.

Следует помнить, что все оборудование, применяемое на промысле, подвергается коррозии, поэтому важно не только использовать антикоррозионные методы, но и реализовывать их с умом, потому что бездумное использование реагентов может только усугубить ситуацию.



Трение – процесс механического взаимодействия соприкасающихся тел при их относительном смещении в плоскости касания. При этом трение и истирание металла не относятся к его старению, но также представляют вред для нефтегазового промысла. Ослабление воздействия трения делается посредством использования различных смазочных материалов, которые создают пленку между двумя соприкасающимися материалами, тем самым продлевают их работоспособность.

Помимо всех перечисленных методов защиты, необходимо производить замены конструкций на новые, если используемая защита от последующих разрушений уже не будет давать должного результата. Более того, необходимо развивать уже имеющиеся способы, чтобы защита от разрушений держалась как можно дольше.

Литература:

1. Гоник А.А. Коррозия нефтепромыслового оборудования и меры её предупреждения. – М. : Недра, 1976. – 185 с.
2. Эксплуатация залежей и подготовка нефти с повышенным содержанием сероводорода / Г.Н. Позднышев [и др.] // Обзорная информация. Серия: Нефтепромысловое дело. – М. : ВНИИОЭНГ, 1984. – № 16 (88). – 84 с.
3. Внутренняя коррозия шлейфов добывающих скважин / Н.И. Васильев [и др.] // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 4. – С. 19–22.
4. Масланов А.А. Предотвращение осложнений при добыче высокосернистой нефти // Современные наукоёмкие технологии. – 2005. – № 11. – С. 46–47.
5. Микроорганизмы нефтяного пласта как одна из причин внутренней коррозии нефтепромысловых коммуникаций / И.О. Орлова [и др.] // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 2. – С. 136–138.
6. Оборудование для добычи нефти / А.А. Арутюнов [и др.]. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2014. – 182 с.
7. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для студентов вузов / А.И. Булатов [и др.]. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
8. Булатов А.И., Кусов Г.В., Савенок О.В. Асфальто-смоло-парафиновые отложения и гидратообразования: предупреждение и удаление: в 2 томах: учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2011. – Т. 1–2.
9. Жарский И.М., Иванова Н.П., Куис Д.В. Материаловедение : учебное пособие. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 557 с.

References:

1. Gonik A.A. Corrosion of oilfield equipment and measures of its prevention. – M. : Nedra, 1976. – 185 p.
2. Exploitation of deposits and preparation of oil with an increased content of hydrogen sulfide / G.N. Pozdnyshv [et al.] // Review information. Series: Oilfield business. – M. : VNIIOENG, 1984. – № 16 (88). – 84 p.
3. Internal corrosion of production well plumes / N.I. Vasiliev [et al.] // Bulatov readings. – 2017. – Vol. 4. – P. 19–22.
4. Maslanov A.A. Prevention of complications during production of high-sulfur oil // Modern science-intensive technologies. – 2005. – № 11. – P. 46–47.
5. Oil reservoir microorganisms as one of the causes of internal corrosion of oilfield communications / I.O. Orlova [et al.] // Bulatov readings. – 2019. – Vol. 2. – P. 136–138.
6. Equipment for oil extraction / A.A. Arutyunov [et al.]. – Krasnodar : Publishing House – South, 2014. – 182 p.
7. Ecology in the construction of oil and gas wells: textbook for university students / A.I. Bulatov [et al.]. – Krasnodar : LLC «Prosveshchenie-Yug», 2011. – 603 p.
8. Bulatov A.I., Kusov G.V., Savenok O.V. Asphalt-resin-paraffin deposits and hydrate formation: prevention and removal: in 2 volumes: manual. – Krasnodar : Publishing House – South, 2011. – Vol. 1–2.
9. Zharskiy I.M., Ivanova N.P., Kuis D.V. Materialovedenie : tutorial. – Minsk : The Higher School, 2015. – 557 p.



УДК 541.183

РЕСУРСЫ ГЛАУКОНИТОСОДЕРЖАЩИХ ПЕСЧАНИКОВ УЗБЕКИСТАНА: МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЧАНГИ»

RESOURCES OF GLAUKONITE-CONTAINING ROCKS OF UZBEKISTAN: THE «CHANGI» DEPOSIT

Якубов Салимжон Иминжанович

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник лаборатории
«Химическая технология, переработка газа и ПАВ»,
ИОНХ Академии Наук Республики Узбекистан
salimjon@yandex.ru

Мирзаев Аскар Жураевич

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник лаборатории
«Химическая технология, переработка газа и ПАВ»,
ИОНХ Академии Наук Республики Узбекистан

Адылов Джалол Камалович

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник лаборатории
«Химическая технология, переработка газа и ПАВ»,
ИОНХ Академии Наук Республики Узбекистан

Махсудова Зарифа Иркиновна

младший научный сотрудник лаборатории
«Химическая технология, переработка газа и ПАВ»,
ИОНХ Академии Наук Республики Узбекистан

Черниченко Наталья Ивановна

младший научный сотрудник лаборатории
«Химическая технология, переработка газа и ПАВ»,
ИОНХ Академии Наук Республики Узбекистан

Аннотация. В работе приводятся глауконитосодержащие месторождения Республики Узбекистана. Анализируется месторождения глауконитосодержащие пески месторождения Чанги.

Ключевые слова: глауконитовые месторождения, глауконитовые песчаники, химический состав, микрофотография, глауконитовый концентрат, обогащение, флотация, пигмент.

Yakubov Salimzhon Iminzhanovich

Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher of the laboratory,
«Chemical Technology, Gas and
Surfactant Processing»
Institute of General and Inorganic Chemistry
Academy of Sciences of
the Republic of Uzbekistan
salimjon@yandex.ru

Mirzaev Askar Zhuraevich

Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher of the laboratory,
«Chemical Technology, Gas and
Surfactant Processing»
Institute of General and Inorganic Chemistry
Academy of Sciences of
the Republic of Uzbekistan

Adylov Jalol Kamalovich

Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher of the laboratory,
«Chemical Technology, Gas and
Surfactant Processing»
Institute of General and Inorganic Chemistry
Academy of Sciences of
the Republic of Uzbekistan

Makhsudova Zarifa Irkinovna

Junior Researcher of the laboratory,
«Chemical Technology, Gas and
Surfactant Processing»
Institute of General and Inorganic Chemistry
Academy of Sciences of
the Republic of Uzbekistan

Chernichenko Natalia Ivanovna

Junior Researcher of the laboratory,
«Chemical Technology, Gas and
Surfactant Processing»
Institute of General and Inorganic Chemistry
Academy of Sciences of
the Republic of Uzbekistan

Annotation. The paper presents glauconite-bearing deposits in Uzbekistan. Deposits of glauconite-bearing sands of the Changi deposit are analyzed. The issues of enrichment by flotation method are considered. Analyses of micrographs are presented.

Keywords: glauconite deposits, glauconite sandstones, chemical composition, micrograph, glauconite concentrate, beneficiation, flotation, pigment.

Introduction. The special properties of glauconites attract many entrepreneurs and specialists in the industrial sphere of Uzbekistan. At present, many deposits and manifestations of glauconite-bearing rocks have been explored in Uzbekistan [1, 2]. The peculiarity of these deposits is that they are located in the eastern, western, central and other territorial parts of Uzbekistan. This allows us to consider resources at the regional level.

The main deposits are divided into conventional geological regions: «Pritashkent», «Gissar», «Sultan-Uvaysy», «Ziatdin-North-Fergana», as well as «Kzykum sands». At the same time, in different periods,



some of the following deposits were discovered and studied: «Changi», «Garm-Chashmasay», «Bolgali», «Kofrun», «Tagarasay», «Khuzhakul», «Krantau», «Kyzylzhar».

Projected reserves and content of glauconite in the rock by deposits are shown in table 1.

Table 1 – Projected reserves and content of glauconite in the rock by deposits

№	Field	Reserves, million tons	Glauconite content, %	Average glauconite content, %
1	Changi	14	13 ÷ 16	14,5
2	Garm-Chashmasoy	10	10 ÷ 15	12,5
3	Bolgali	1,5	10 ÷ 16	13
4	Kofrun	15	6 ÷ 12	9
5	Togarasoy	–	8 ÷ 24	16
6	Khujakul	10	10 ÷ 14	12
7	Krantau	10	10 ÷ 20	15
8	Kyzylzhar	–	15 ÷ 18	16,5
	Total	60,5		

Research methods and objects. It can be said that the «Changi», «Garm-Chashmasoy», «Kofrun», «Krantau» deposits can be referred to the most promising deposits [1]. The resource potential of the listed deposits is more than 60 million tons. The average content of glauconite for the deposits as a whole is more than 14.1%.

At present, in addition to the Krantau deposit [3], the «Changi» deposit has also been studied, but the authors of [2] in the conclusion attributed it to unpromising deposits for a number of reasons.

In this regard, the question arises whether the «Changi» deposits of glauconite-bearing sandstones can be used in the national economy after appropriate processing.

Glauconite sandstones of the «Changi» deposit (fig. 1) are located in the Parkent district of the eastern part of the Tashkent region. The occurrence is represented by glauconite sandstones. The productive stratum is overlain by a small thickness of opoka-like clays, quartz-feldspar sands and limestones. The total thickness of the rocks is 40 m. In some places, part of the relief, glauconite sandstones come to the surface and extend up to 3 km, with a variable thickness from 0.75 meters to 4 meters.



Figure 1 – Glauconite deposit «Changi»

In recent years, glauconite-bearing rocks have attracted great attention in the Republic. The reason for the increased attention to glauconite-containing rocks in Uzbekistan is their use as a potassium-containing mineral fertilizer. Since they contain potassium oxide K_2O , one of the main components of mineral fertilizers in agricultural production. In addition, they have long been used for softening drinking water.

The Chatkal geological expedition «Khimgeolnerud» of the «Tashkentgeologiya» trust in 1963–1966 carried out geological exploration and discovered large reserves of glauconite sandstones of the «Changi» deposit [4]. Since this period, studies of glauconite sandstones in various directions have intensified. At present, samples have been taken for research to determine the possibility of obtaining a green mineral pigment (fig. 2).



Figure 2 – Glauconite-bearing sandstone from the «Changi»

Table 2 shows the main chemical composition of the glauconite sandstone of the Changi deposit.

Table 2 – Chemical composition of glauconite sandstones of the «Changi» deposit

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	loss on ignition
69,51	0,33	5,41	11,58	0,51	2,04	0,02	1,00	0.07	4,25	0,44	5,58

One of the main directions is the use as argotechnical ores for cotton, depending on the content of potassium oxide. In addition, the ability of glauconite to selectively absorb oil and oil products, phenols, pesticides and surfactants allows it to be used as a filtering and armor cushion to protect groundwater from pollution [5].

The most interesting is the use of glauconites as mineral raw materials for the production of natural pigments.

The selected glauconite samples were visually inspected and sorted manually. The sorted samples are thermally processed and ground in a mill.

Figure 3 shows a micrograph of a glauconite sandstone at 100 fold. Where it can be seen that the sandstone is mainly composed of quartz sand, glauconite particles and other impurities. A micrograph of a sandstone particle was examined at 100x magnification using a «Leica DM 2500» microscope, made in Germany. The studies were carried out on unenriched and enriched glauconite samples. Micrographs were examined at 40 and 100 times magnifications. Moreover, various filters are also used.

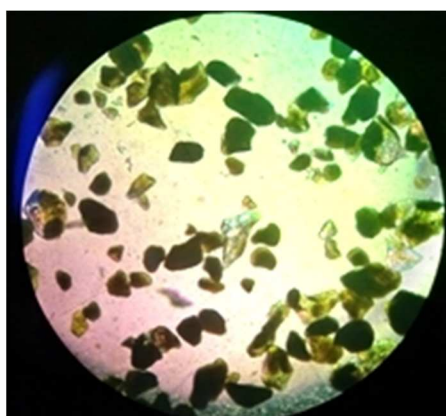


Figure 3 – Micrograph of non-enriched glauconite sandstone from the Changi deposit at 100 times

Crushed glauconite sandstones were mixed with ordinary water and left to settle. After the deposition of quartz sands and other impurities, then the liquid phase was passed through filter paper, the residue was subjected to drying. The yield of glauconite concentrate was 62,2 %.

Thus, the enrichment of glauconites from the «Changi» deposit has been established. Further, to reduce the time for enrichment processes, the flotation enrichment method was used on a laboratory flotation machine FML (fig. 4). The main criterion was the use of the new «UGK» foaming agent. Typically, flotation uses frothers, frothers in combination with collectors, and, if necessary, stimulants. We used «UGK» is universal and allows the process of flotation of glauconite sandstones of the «Changi» field with one reagent.



After loading the screened glauconite sandstone, ready for enrichment, into the flotation tank, the mixer is switched on and moves with water to a homogeneous state. The «UGK» foaming agent is poured into the flotation tank and the foam layer is removed with glauconite concentrate. The process lasted 10–12 minutes. After the completion of the first stage of flotation, a small portion of «UGK» was added to the tailings and a control flotation was performed. Thus, several more control flotation was carried out further. As a result, the resulting glauconite concentrate reached 64,5 % within 30–40 minutes (fig. 5.).

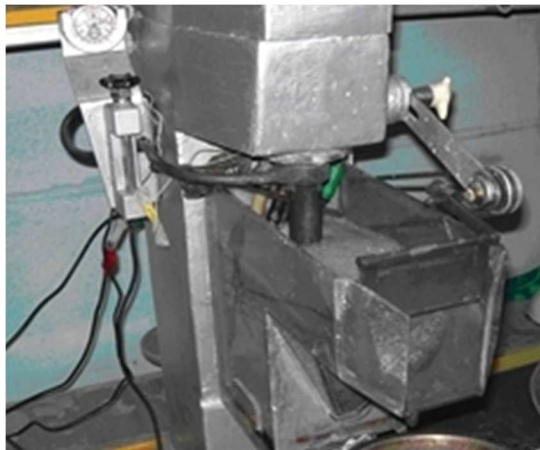


Figure 4 – Laboratory flotation machine FML



Figure 5 – Flotation-enriched glauconite concentrate of «Changi» deposit

Conclusions. In conclusion, it can be noted that the glauconite sandstones of the «Changi» deposit are easily beneficiaries and allow the use of the flotation beneficiation method. The enrichment scheme is simple and the obtained glauconite concentrates with a content of 64,5 % are fully suitable for use as local green pigments.

Литература:

1. Glauconite-bearing sands of Uzbekistan: Main characteristics and prospects of use / M.Yu. Yunusov [et al.] // Journal «Mining Bulletin of Uzbekistan». – Navoi, 2010. – № 2. – P. 58–60.
2. Mineral pigments of eastern Uzbekistan / R.A. Khamidov [et al.] // Journal «Geology and Mineral Resources». – Tashkent, 2016. – № 5. – P. 50–58.
3. Allaniyazov D.O. Investigation of the physical and chemical properties of glauconites of the Krantau deposit // materials of the RNTK «XXI century – the century of intellectual youth». – Tashkent, 2018. – P. 30–31.
4. Glauconite of the Changi deposit and prospects for its use. Proceedings of the Central Asian Research Institute of Geology and Mineral Raw Materials // Fan Publishing House of the Uzbek SSR. – Tashkent, 1970. – 54 p.
5. Telushkina T.Yu., Medvedev A.V., Permyakov V.N. Experience in studying and using glauconite sand // Materials of the IRTC dedicated to the 50th anniversary of TyumII. «Oil and gas of western siberia» Problems of ecology, safety of facilities and territory. – Tyumen : TyumGNGU, 2013. – Vol. III. – P. 27–36.

References:

1. Glauconite-bearing sands of Uzbekistan: Main characteristics and prospects of use / M.Yu. Yunusov [et al.] // Journal «Mining Bulletin of Uzbekistan». – Navoi, 2010. – № 2. – P. 58–60.
2. Mineral pigments of eastern Uzbekistan / R.A. Khamidov [et al.] // Journal «Geology and Mineral Resources». – Tashkent, 2016. – № 5. – P. 50–58.
3. Allaniyazov D.O. Investigation of the physical and chemical properties of glauconites of the Krantau deposit // materials of the RNTK «XXI century – the century of intellectual youth». – Tashkent, 2018. – P. 30–31.
4. Glauconite of the Changi deposit and prospects for its use. Proceedings of the Central Asian Research Institute of Geology and Mineral Raw Materials // Fan Publishing House of the Uzbek SSR. – Tashkent, 1970. – 54 p.
5. Telushkina T.Yu., Medvedev A.V., Permyakov V.N. Experience in studying and using glauconite sand // Materials of the IRTC dedicated to the 50th anniversary of TyumII. «Oil and gas of western siberia» Problems of ecology, safety of facilities and territory. – Tyumen : TyumGNGU, 2013. – Vol. III. – P. 27–36.

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ
В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

**ELECTRICAL EQUIPMENT
IN OIL AND GAS INDUSTRY**



УДК 621.383

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЯ ДОПУСТИМЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ НАГРУЗОК

DETERMINATION OF THE DESIGN POWER FOR A HYBRID ELECTRIC MACHINE OF THE GENERATOR BASED ON THE CRITERION OF PERMISSIBLE ELECTROMAGNETIC LOADS

Асташов Максим Александрович

аспирант 3 года обучения гр. 18-АО-ЭТ1,
Кубанский государственный технологический университет
i.am.jlaku@gmail.com

Черкасский Павел Андреевич

аспирант 5 года обучения гр. 14-АЗк-ЭТ061
cherkass@list.ru

Ивашкин Илья Ильич

аспирант 2 года обучения гр. 19-АЗ-ЭТ1,
Кубанский государственный технологический университет
warmuru@mail.ru

Умрихин Дмитрий Олегович

студент магистратуры 2 года обучения гр. 18-НМ-ЭЭ2,
Кубанский государственный технологический университет
ymdim26@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена предварительному выводу формулы расчетной мощности электромеханического преобразователя – гибридной электрической машины-генератора на основе критерия допустимых электромагнитных нагрузок.

Ключевые слова: гибридная электрическая машина-генератор, ветроэнергетика, солнечные панели, солнечная энергия, альтернативная энергетика.

Astashov Maxim Aleksandrovich

Graduate Student of the 3rd Year of Study,
Gr. 18-AO-ET1,
Kuban State Technological University
i.am.jlaku@gmail.com

Cherkassky Pavel Andreevich

Graduate Student of the 5rd Year of Study,
Gr. 14-AZk-ET061
cherkass@list.ru

Ivashkin Ilya Ilyich

Graduate Student of the 2rd Year of Study,
Gr. 19-AZ-ET1,
Kuban State Technological University
warmuru@mail.ru

Umrihin Dmitriy Olegovich

2nd Year Master's Student, Gr. 18-NM-EE2,
Kuban State Technological University
ymdim26@mail.ru

Annotation. This article is devoted to the preliminary derivation of the formula for the calculated power of an electromechanical converter – a hybrid electric machine-generator based on the criterion of permissible electromagnetic loads.

Keywords: hybridanya electric machine-generator, wind energy, solar panels, solar energy, alternative energy.

В данный момент, в альтернативной энергетике, находят применение новые гибридные электромеханические ветро-солнечные преобразователи, в основе которых лежит принцип прямого преобразования энергии [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Данные установки обладают рядом преимуществ, [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14] по сравнению со стандартными преобразователями энергии, вследствие чего их исследование представляет, как научный, так и экономический интерес. Одной из таких установок является гибридная электрическая машина-генератор (далее ГЭМГ). Как и любой электромеханический преобразователь, для ГЭМГ необходимо разработать методику ее проектирования. Для разработки методики необходимо подобрать соответствующие критерии оптимизации. Большинство расчетных методик электромеханических преобразователей основываются на нахождении «машинной постоянной» Арнольда [15], которая определяется из критерия допустимых электромагнитных нагрузок:

$$C_A = \frac{D^2 l_\delta \Omega}{P'} = \frac{2}{\pi a_\delta k_B k_{o6} A B_\delta}, \quad (1)$$

где D – диаметр якоря машины постоянного тока или внутренний диаметр статора, м; l_δ – расчетная длина магнитопровода, м; Ω – угловая скорость, рад/с; P' – расчетная мощность, ВА; A – линейная нагрузка, А/м; B_δ – индукция в воздушном зазоре, Тл; a_δ – коэффициент полюсного перекрытия; k_B – коэффициент формы кривой индукции, учитывающий изменение напряжения на выводах машины при холостом ходе и нагрузке; k_{o6} – обмоточный коэффициент.

Чтобы определить постоянную Арнольда для ГЭМГ из формулы 1 выразим расчетную мощность и получим:

$$P' = \frac{\pi a_\delta k_B k_{o6} A B_\delta D^2 l_\delta \Omega}{2}, \quad (2)$$



Так как ГЭМГ представляет из себя две части – это обращенный двигатель постоянного тока и генератор на постоянных магнитах, то общая расчетная мощность будет представлять собой сумму каждой из составляющих:

$$P' = \frac{\pi a_{1\delta} k_{1B} k_{106} A_1 B_{2\delta} D^2 I_{\delta} \Omega}{2} + \frac{\pi a_{2\delta} k_{2B} k_{206} A_2 B_{2\delta} D^2 I_{\delta} \Omega}{2}, \quad (3)$$

где A_1, A_2 – линейная нагрузка соответственно двигателя постоянного тока и генератора на постоянных магнитах, А/м; $B_{1\delta}, B_{2\delta}$ – индукция в воздушном зазоре между постоянными магнитами и обмоткой статора генератора и между постоянными магнитами и якорем машины постоянного тока, Тл; $a_{1\delta}, a_{2\delta}$ – коэффициент полюсного перекрытия соответственно для генератора и для двигателя постоянного тока; k_{1B}, k_{2B} – коэффициент формы кривой индукции соответственно для генератора и двигателя постоянного тока, учитывающий изменение напряжения на выводах машины при холостом ходе и нагрузке; k_{106}, k_{206} – обмоточный коэффициент соответственно для генератора и двигателя постоянного тока.

После преобразования формулы 3 окончательно получим:

$$P' = \frac{\pi D^2 I_{\delta} \Omega (a_{2\delta} k_{2B} k_{206} A_2 B_{2\delta} + a_{1\delta} k_{1B} k_{106} A_1 B_{2\delta})}{2}. \quad (4)$$

Выведенная выше формула позволит определить постоянную Арнольда и рассчитать предварительную расчетную мощность для ГЭМГ.

Литература:

1. Патент 2633377 (РФ). Гибридная электрическая машина-генератор / Попов С.А., Попов М.С., Михед А.И. – БИ, 2016. – № 29.
2. Патент 2629017 (РФ) Гибридная аксиальная электрическая машина-генератор / Попов С.А., Попов М.С. – БИ, 2016. – № 24.
3. Попов С.А., Асташов М.А. Разработка математической модели гибридной электрической машины-генератора // Инженерные технологии в сельском и лесном хозяйстве. Материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции, 2020. – С. 74–78.
4. Асташов М.А., Попова С.В., Черкасский П.А. Гибридная электрическая машина-генератор для локальных ветро-солнечных электростанций // Инженерные технологии в сельском и лесном хозяйстве. Материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции, 2020. – С. 9–12.
5. Применение ветрогенераторов с вертикальной и горизонтальной осью в нефтегазовой отрасли / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 318–320.
6. Анализ конструкций ветрогенераторов и перспективы их применения на предприятиях нефтегазовой отрасли / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 321–323.
7. Альтернативная энергетика на службе у нефтяников / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 324–326.
8. Разработка конструктивно-интегрированного электропривода домкрата для грузовых операций на предприятиях нефтегазового комплекса / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 327–330.
9. Черкасский П.А., Попова С.В., Асташов М.А. Повышение эффективности работы распределительной сети путём применения альтернативных подходов // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы. Материалы I Международной научно-практической конференции, 2019. – С. 115–118.
10. Обоснование применения гибридных ветро-солнечных энергоустановок на основе электромеханических преобразователей / С.А. Попов [и др.] // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы. Материалы I Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей, посвященной 60-летию со дня образования Армавирского механико-технологического института, 2019. – С. 76–79.
11. Актуальность использования гибридных микро ветро-солнечных электростанций на территории Краснодарского края / С.А. Попов [и др.] // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы. Материалы II Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей, 2020. – С. 18–21.
12. Ветро-солнечный генератор со сдвоенным ротором для экологически чистой энергетики / С.А. Попов [и др.] // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы. Материалы II Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей, 2020. – С. 72–75.
13. Определение функциональной зависимости выходной мощности гибридной электрической машины-генератора от её параметров / С.А. Попов [и др.] // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы. Материалы II Международной научно-практической конференции, 2020. – С. 21–22.
14. Попов С.А., Асташов М.А., Ивашкин И.И. Гибридный ветро-солнечный генератор для возобновляемой энергетики // Технические и технологические системы: Материалы восьмой международной научной конференции «ТТС-20». – Краснодар : Издательский дом – Юг, 2021. – С. 104–110.
15. Проектирование электрических машин: учебник для вузов / И.П. Копылов [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2011. – 767 с.

References:

1. Patent 2633377 (RF). Hybrid electric machine-generator / Popov S.A., Popov M.S., Mikhed A.I. – BI, 2016. – № 29.
2. Patent 2629017 (RF) Hybrid axial electric machine-generator / Popov S.A., Popov M.S. – BI, 2016. – № 24.



3. Popov S.A., Astashov M.A. Development of mathematical model of hybrid electric machine-generator // Engineering technologies in agriculture and forestry. Proceedings of the All-Russian National Scientific and Practical Conference, 2020. – P. 74–78.
4. Astashov MA, Popova SV, Cherkassky PA Hybrid electric machine-generator for local wind-solar power plants // Engineering Technology in Agriculture and Forestry. Materials of All-Russian National Scientific and Practical Conference, 2020. – P. 9–12.
5. Application of wind turbines with vertical and horizontal axis in oil and gas industry / S.A. Popov [et al.] // Bulatov Readings. – 2020. – P. 318–320.
6. Analysis of wind generators' designs and prospects for their application at the oil and gas industry enterprises / S.A. Popov [et al.] // Bulatov readings. – 2020. – P. 321–323.
7. Alternative power engineering at the oilmen's service / S.A. Popov [et al.] // Bulatov's readings. – 2020. – P. 324–326.
8. Development of constructive-integrated electric drive of a jack for cargo operations at the enterprises of oil and gas complex / S.A. Popov [et al.] // Bulatov's readings. – 2020. – P. 327–330.
9. Cherkasskiy P.A., Popov S.V., Astashov M.A. Distribution network effectiveness increase by the alternative approaches // Modern electrotechnical and information complexes and systems. Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference, 2019. – P. 115–118.
10. Substantiation of application of hybrid wind-solar power installations on the basis of electromechanical converters / S.A. Popov [et al.] // Modern electrotechnical and information complexes and systems. Proceedings of the I International Scientific-Practical Conference of Students, Postgraduates and Teachers, dedicated to the 60th anniversary of the Armavir Mechanical and Technological Institute, 2019. – P. 76–79.
11. The relevance of using hybrid micro wind-solar power plants in the Krasnodar Territory / S.A. Popov [et al.] // Modern electrotechnical and information complexes and systems. Proc. of II International Scientific-Practical Conference of Students, Post-graduates and Teachers. – P. 18–21.
12. Wind-solar generator with twin rotor for ecologically clean power engineering (in Russian) / S.A. Popov [et al.] // Modern electrotechnical and information complexes and systems. Proc. of II Intern. scientific-practical conference of students, post-graduates and teachers, 2020. – P. 72–75.
13. Determination of functional dependence of output power of the hybrid electrical machine-generator from its parameters / S.A. Popov [et al.] // Modern electrotechnical and information complexes and systems. Proc. of II International scientific-practical conference, 2020. – P. 21–22.
14. Popov, S.A.; Astashov, M.A.; Ivashkin, I.I. Hybrid wind-solar generator for renewable energy // Technical and technological systems: Proceedings of the Eighth International Scientific Conference «TTS-20». – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – P. 104–110.
15. Design of the electrical machines: text-book for institutes / I.P. Kopylov [et al.] – 4-th edition, revised, revised and extended – M. : Yuright, 2011. – 767 p.



УДК 621.313

АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

ANALYSIS AND PROSPECTS FOR THE USE OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN THE OIL AND GAS COMPLEX

Ивашкин Илья Ильич

аспирант 2 года обучения гр. 19-АЗ-ЭТ1,
Кубанский государственный технологический университет
warmuru@mail.ru

Кривченков Владимир Игоревич

аспирант 1 года обучения гр. 19-АЗ-ЭТ1,
кафедры электротехники и электрических машин,
Кубанский государственный технологический университет
vldmrkr5@ya.ru

Попова Светлана Валентиновна

аспирант 3 года обучения гр. 18-АЗ-ЭТ1,
Кубанский государственный технологический университет
s.sv23@mail.ru

Радивоевич Александр Вукоманович

студент 3 года обучения гр.18-НБ-ЭЭ2,
Кубанский государственный технологический университет
radivoevich1999@mail.ru

Аннотация. В данной статье приведены перспективные направления электроэнергетических систем на основе использования альтернативных источников энергии. Собраны статистические данные, на основе которых проведен анализ конкурентоспособности возобновляемых источников по сравнению с традиционными.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, возобновляемый источник энергии, электроэнергетическая система, энергоэффективность, ветряные и солнечные фотоэлектрические станции.

Ivashkin Ilya Ilyich

Graduate Student of the 2rd Year of Study,
Gr. 19-AZ-ET1,
Kuban State Technological University
warmuru@mail.ru

Krivchenkov Vladimir Igorevich

Postgraduate Student of 1 Year of Study,
Gr. 19-AZ-ET1,
Department of Electrical Engineering and
Electrical Machines,
Kuban State Technological University
vldmrkr5@ya.ru

Popova Svetlana Valentinovna

Postgraduate Student of 3 Year of Study,
Gr. 18-AZ-ET1,
Kuban State Technological University
s.sv23@mail.ru

Radivoevich Alexander Vukomanovich

3-Year Student, Gr. 18-NB-EE2,
Kuban State Technological University
radivoevich1999@mail.ru

Annotation. This article presents the promising directions of electric power systems based on the use of alternative energy sources. The collected statistical data, on the basis of which the analysis of the competitiveness of renewable sources in comparison with traditional ones is carried out.

Keywords: alternative energy, renewable energy source, electric power system, energy efficiency, wind and solar photovoltaic plants.

Используемые энергетические ресурсы традиционной энергетикис каждым годом все более истощаются. Растущая альтернативная электроэнергетическая система изменит способ взаимодействия электроэнергетического сектора и спроса. К 2050 году 86 % электроэнергии будет производиться из возобновляемых источников, а 60 % – за счет солнечной и ветровой энергии. Ветряные и солнечные фотоэлектрические станции будут доминировать в расширении с установленной мощностью более 6000 ГВт и 8 500 ГВт, соответственно, к 2050 году.

Согласование спроса и предложения при производстве столь большого количества переменных возобновляемых источников энергии (ВИЭ) потребует все более эффективной и гибкой системы энергоснабжения, в том числе и в нефтегазовом комплексе. Такая энергосистема будет отличаться от сегодняшней гораздо большей долей распределенных источников энергии, торговли электроэнергией и реагирования на спрос [1, 2, 3, 4].

Доля электроэнергии в конечной энергии увеличится с 20 % до 50 % к 2050 году. Доля электроэнергии, потребляемой в промышленности и жилых зданиях, удвоится. В сфере транспорта она должна увеличиться с 1 % до 40 % к 2050 году.

Разработка и внедрение решений для отопления и охлаждения с использованием возобновляемых источников энергии для жилых зданий, проектов городского развития и промышленных предприятий также имеет ключевое значение. Например, с 1990 до 2016 года наблюдается повышение спроса на охлаждение и обогрев помещений, что уже создает огромную нагрузку на электроэнергетические системы во многих странах, увеличивая выбросы вредных веществ. Таким образом, удовлетворение потребности в охлаждении и обогреве имеет высокое значение для экологии [5, 6, 7].



Энергетический сектор увеличится более чем вдвое к 2050 году и будет коренным образом преобразован за счет добавления более 14 000 ГВт новых солнечных и ветровых мощностей. Отрасль потребует большей гибкости, чтобы приспособиться к суточной и сезонной изменчивости солнечной и ветровой энергии. Потребуются гибкие меры по широкому спектру технологий и рыночных решений [8, 9, 10, 11, 12].

Выводы. Использование возобновляемых источников энергии в нефтегазовом комплексе является перспективным и приоритетным вектором развития электроэнергетики. На данный момент имеются все возможности для ускоренного освоения технологий преобразования такой энергии, благодаря чему возобновляемые источники будут конкурентоспособны на рынке источников энергии на уровне с традиционной энергетикой.

Литература:

1. Электромашинный ветро-солнечный преобразователь / С.А. Попов [и др.] // Технические и технологические системы: Материалы десятой международной научной конференции «ТТС-17» (22–24 ноября 2017 года) / ФГБОУ ВО «КубГТУ», КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – С. 78–82.
2. Обоснование применения гибридных ветро-солнечных энергоустановок на основе электромеханических преобразователей / С.А. Попов [и др.] // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы. Материалы I Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей, посвященной 60-летию со дня образования Армавирского механико-технологического института, 2019. – С. 76–79.
3. Альтернативная энергетика на службе у нефтяников / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 324–326.
4. Попов С.А., Асташов М.А. Разработка математической модели гибридной электрической машины-генератора // Инженерные технологии в сельском и лесном хозяйстве. Материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции, 2020. – С. 74–78.
5. Попов С.А., Кривченков В.И. Идентификация постоянной времени якорной цепи двигателя постоянного тока // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2020. – № 33. – С. 115–128.
6. Применение ветрогенераторов с вертикальной и горизонтальной осью в нефтегазовой отрасли / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 185–188.
7. Анализ конструкций ветрогенераторов и перспективы их применения на предприятиях нефтегазовой отрасли / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 321–323.
8. Патент 2639714 (РФ). Ветро-солнечный генератор со сдвоенным ротором / Попов С.А. – БИ, 2017. – № 36.
9. Патент 2629017 (РФ) Гибридная аксиальная электрическая машина-генератор / Попов С.А., Попов М.С. – БИ, 2016. – № 24.
10. Патент 2633377 (РФ). Гибридная электрическая машина-генератор / Попов С.А., Попов М.С., Михед А.И. – БИ, 2016. – № 29.
11. Патент 2643522 (РФ). Гибридный ветро-солнечный генератор / Попов С.А., Попов М.С. – БИ, 2018. – № 4.
12. Патент на полезную модель № 171597 (РФ). Электромашинный ветро-солнечный преобразователь Попов С.А. – БИ, 2016. – № 16.

References:

1. Electromachine wind-solar converter / S.A. Popov [et al.] // Technical and Technological Systems: Proceedings of the Tenth International Scientific Conference «TTS-17» (22–24 November 2017) / FGBOU VO «KubGTU», A.K. Serov KVVAUL. – Krasnodar : Publishing House – South, 2017. – P. 78–82.
2. Substantiation of application of hybrid wind-solar power installations on the basis of electromechanical converters / S.A. Popov [et al.] // Modern electrotechnical and information complexes and systems. Proceedings of the I International Scientific-Practical Conference of Students, Postgraduates and Teachers, dedicated to the 60th anniversary of the Armavir Mechanical and Technological Institute, 2019. – P. 76–79.
3. Alternative power engineering at the oilmen's service / S.A. Popov [et al.] // Bulatov's readings. – 2020. – P. 324–326.
4. Popov S.A., Astashov M.A. Development of mathematical model of hybrid electric machine-generator // Engineering technologies in agriculture and forestry. Proceedings of the All-Russian National Scientific and Practical Conference, 2020. – P. 74–78.
5. Popov S.A., Krivchenkov V.I. Identification of time constant of DC motor anchor circuit // Vestnik PNIPU. Electrical engineering, information technologies, control systems. – 2020. – № 33. – P. 115–128.
6. Application of wind turbines with vertical and horizontal axis in oil and gas industry / S.A. Popov [et al.] // Bulatov Readings. – 2020. – P. 185–188.
7. Analysis of wind generators' designs and prospects for their application at the oil and gas industry enterprises / S.A. Popov [et al.] // Bulatov readings. – 2020. – P. 321–323.
8. Patent 2639714 (RF). Wind-solar generator with twin rotor / Popov S.A. – BI, 2017. – № 36.
9. Patent 2629017 (RF) Hybrid axial electric machine-generator / Popov S.A., Popov M.S. – BI, 2016. – № 24.
10. Patent 2633377 (RF). Hybrid electric machine-generator / Popov S.A., Popov M.S., Mikhed A.I. – BI, 2016. – № 29.
11. Patent 2643522 (RF). Hybrid wind-solar generator / Popov S.A., Popov M.S. – BI, 2018. – № 4.
12. Useful model patent № 171597 (RF). Electromachine wind-solar converter / Popov S.A. – BI, 2016. – № 16.



УДК 621.313

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИГАТЕЛЯ СОВМЕЩЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ

MATHEMATICAL MODEL OF THE ENGINE OF THE COMBINED DESIGN

Кашин Яков Михайлович

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой электротехники и электрических машин,
Кубанский государственный технологический университет
jlms@mail.ru

Ким Владислав Анатольевич

ассистент
кафедры электротехники и электрических машин,
Кубанский государственный технологический университет
vladk-kub@mail.ru

Мараховский Евгений Александрович

студент,
Кубанский государственный технологический университет
zheka3334@mail.ru

Колбасин Сергей Игоревич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
kolbasinserega@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрена математическая модель двигателя совмещенной конструкции центробежного сепаратора, реализованная в программном пакете MATLAB Simulink.

Ключевые слова: математическая модель, сепаратор, совмещенная конструкция, массивный ротор.

Kashin Yakov Mikhailovich

Ph. D., Head of the Department of Electrical Engineering and Electrical Machines, Kuban State Technological University
jlms@mail.ru

Kim Vladislav Anatolevich

Assistant of Electrical Engineering and Electrical Machines, Kuban State Technological University
vladk-kub@mail.ru

Marakhowsky Evgeny Alexandrovich

Student, Kuban State Technological University
zheka3334@mail.ru

Kolbasin Sergey Igorevich

Student, Kuban State Technological University
kolbasinserega@yandex.ru

Annotation. The article discusses a mathematical model of a motor with a combined design of a centrifugal separator, implemented in the MATLAB Simulink software package.

Keywords: mathematical model, separator, combined design, massive rotor.

Двигатели совмещенной конструкции центробежных сепараторов [1–3] состоят из статора электродвигателя и массивного ротора, который выполняет функцию рабочего органа электропривода сепаратора – барабана (далее по тексту ротор-барабан). В настоящей статье приведен пример реализации математической модели двигателя совмещенной конструкции центробежного сепаратора в программном пакете MATLAB Simulink.

На рисунке 1 представлен центробежный сепаратор с двигателем совмещенной конструкции, содержащий корпус 1 и смонтированные в нем статор электродвигателя 2, 3 и массивный ротор-барабан 4. Статор электродвигателя установлен в корпусе 1 и содержит магнитопровод 2, в пазы которого уложена обмотка 3. Двигатель совмещенной конструкции электропривода сепаратора работает следующим образом. При подаче напряжения на обмотку, уложенную в пазы магнитопровода статора, возникает вращающееся магнитное поле статора, которое наводит вихревые токи в роторе-барабане, жестко связанном с осью, установленной в корпусе в подшипниковых опорах. Взаимодействие вращающегося магнитного поля, созданного током, протекающим в обмотках, и магнитного поля, созданного вихревыми токами в роторе-барабане, приводит к возникновению вращающего момента, под действием которого ротор-барабан приходит во вращение вокруг оси.

Для проведения комплексных исследований двигателя совмещенной конструкции электропривода сепаратора была разработана математическая модель двигателя совмещенной конструкции электропривода сепаратора (ДСК ЭС) на базе дифференциальных уравнений, описывающих электромагнитные и электромеханические процессы в ДСК ЭС, которая позволяет получить функциональные связи между динамическими характеристиками и параметрами разработанной ДСК ЭС [4–6]. Данная математическая модель была реализована в программном пакете MATLAB Simulink.

На рисунке 2 представлена блок-схема цифрового лабораторного стенда исследования режимов работы ДСК ЭС. Данная блок-схема построена на базе стандартных блоков программного пакета MATLAB Simulink, выполняющих математических операции, функции ввода и вывода данных [7].

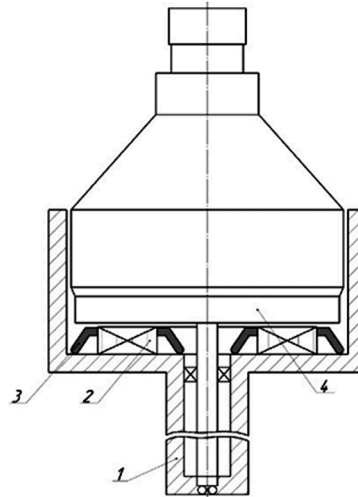


Рисунок 1 – Сепаратор с двигателем совмещенной конструкции

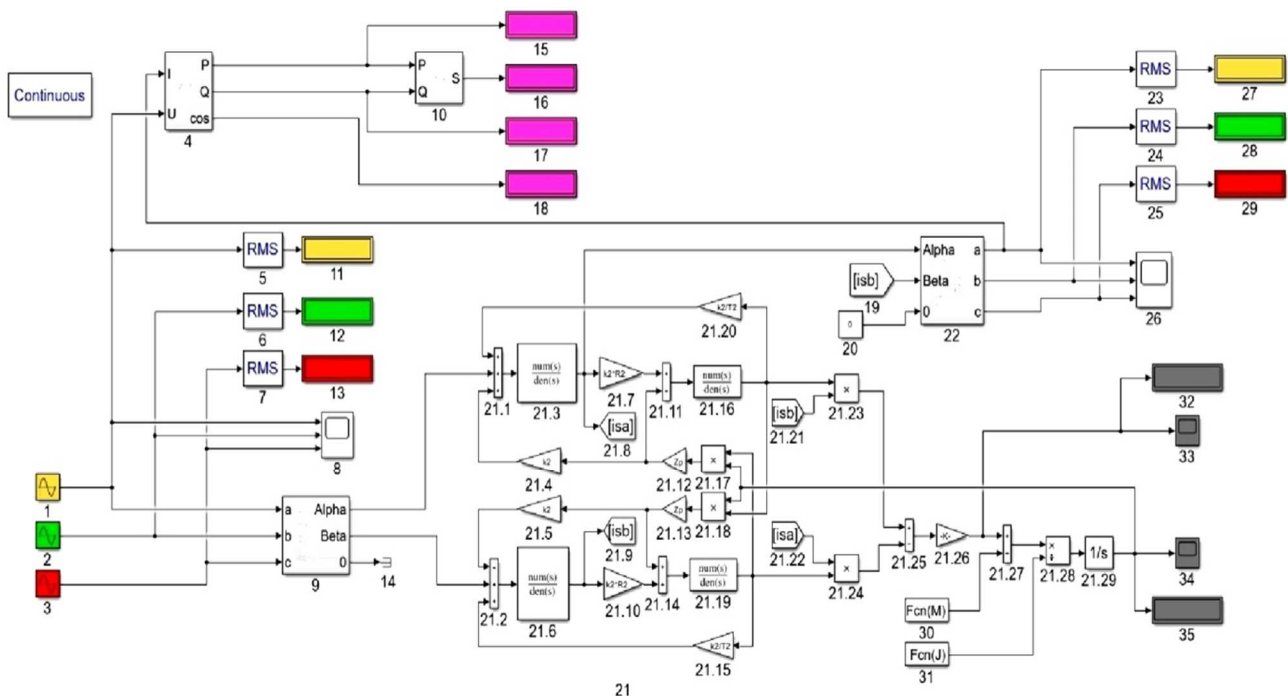


Рисунок 2 – Блок-схема лабораторного стенда

Данная математическая модель двигателя совмещенной конструкции электропривода сепаратора позволяет повысить точность характеристик, получаемых в процессе математического моделирования, благодаря учету геометрических особенностей подвижных элементов двигателя совмещенной конструкции электропривода сепаратора и возможности определения изменяющихся параметров электропривода, как следствия изменения процентного соотношения фаз сепарируемого продукта. [8].

На основании уточненных значений статического момента сопротивления двигателя совмещенной конструкции электропривода сепаратора и его динамического момента, представляется целесообразным дальнейшее проведение вычислительного эксперимента для получения рабочих и регулировочных характеристик электропривода сепаратора с двигателем совмещенной конструкции.

Результатом работы является:

- разработка математической модели двигателя совмещенной конструкции центробежного сепаратора на базе дифференциальных уравнений, описывающих электромагнитные и электромеханические процессы в двигателе совмещенной конструкции центробежного сепаратора, которая позволяет получить функциональные связи между динамическими характеристиками и параметрами, разработанного сепаратора с двигателем совмещенной конструкции;

- реализация математической модели двигателя совмещенной конструкции центробежного сепаратора в программном пакете MatLab Simulink.



Литература:

1. Пат. 1427501 СССР, H02K9/19, B04B9/02. Сепаратор для жидкости [Текст] / Гайтов Б.Х., Копелевич Л.Е., Письменный В.Я., Быков Е.А., заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет» (ФГБОУ ВО «КубГТУ») (RU). – № 4228756/24-07; заявл. 1987-03-09; опубл. 30.09.1988, Бюл. № 36.
2. Пат. 2593626 Российская Федерация, МПК7 B04B5/10, B03C5/02, B01D17/06, B01D43/00, B04B9/02. Установка для сепарирования нефти [Текст] / Копелевич Л.Е.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет» (ФГБОУ ВО «КубГТУ») (RU). – № 2015110414/05; заявл. 2015-03-23; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 22. – 7 с.: ил.
3. Пат. 2706320 Российская Федерация, МПК7 B04B 9/02, B04B 9/00, B04B 9/04, B04B 15/00. Сепаратор для полидисперсных жидких систем / Кашин Я.М., Копелевич Л.Е., Самородов А.В., Ким В.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – № 2019111177; заявл. 12.04.19; опубл. 15.11.19, Бюл. № 32.
4. Kashin Y.M., Kopelevich L.E., Kim V.A. Determination of the Parameters of the Electromagnetic System of the Installation for Oil Treatment // 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICI-EAM). – Sochi, Russia, 2020. – P. 1–7. Doi: 10.1109/ICI-EAM48468.2020.9111990.
5. Копелевич Л.Е., Ким В.А., Артеян К.З. Математическая модель электромагнитных и электромеханических процессов установки для сепарирования нефти // В сборнике: Технические и технологические системы. Материалы десятой Международной научной конференции / Под общей редакцией Б.Х. Гайтова. – Краснодар, 2019. – С. 60–63.
6. Сепаратор для переработки нефти совмещенной конструкции и его температурное поле / Я.М. Кашин [и др.] // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2019. – № 5. – С. 86–99.
7. Дьяконов В.П. MATLAB. Полный самоучитель. – М. : ДМК Пресс, 2012. – 768 с.: ил.
8. Данилов П.Е., Барышников В.А., Рожков В.В. Теория электропривода: учебное пособие. – М. : Берлин : Директ-Медиа, 2018. – 415 с.

References:

1. Pat. 1427501 SSSR, H02K9/19, B04B9/02. Separator for liquid [Text] / Gaitov B.H., Kopelevich L.E., Pismenny V.Y., Bykov E.A., applicant and patent holder Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Technological University» (RU). – № 4228756/24-07; application. 1987-03-09; Publ. 30.09.1988, Bulletin № 36.
2. Pat. 2593626 Russian Federation, IPK7 B04B5/10, B03C5/02, B01D17/06, B01D43/00, B04B9/02. Unit for separation of oil [Text] / Kopelevich L.E.; applicant and patent holder Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Technological University» (RU). – № 2015110414/05; application. 2015-03-23; publ. 10.08.2016, Bulletin № 22. – 7 p.: ill.
3. Pat. 2706320 Russian Federation, IPK7 B04B 9/02, B04B 9/00, B04B 9/04, B04B 15/00. Separator for poly-disperse liquid systems / Kashin Y.M., Kopelevich L.E., Samorodov A.V., Kim V.A.; applicant and patent-holder «Kuban State Technological University». – № 2019111177; application. 12.04.19; publ. 15.11.19, Bulletin № 32.
4. Kashin Y.M., Kopelevich L.E., Kim V.A. Determination of the Parameters of the Electromagnetic System of the Installation for Oil Treatment // 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICI-EAM). – Sochi, Russia, 2020. – P. 1–7. Doi: 10.1109/ICI-EAM48468.2020.9111990.
5. Kopelevich L.E., Kim V.A., Artyan K.Z. Mathematical model of electromagnetic and electromechanical processes of oil separation unit // In the collection: Technical and technological systems. Proceedings of the tenth International scientific conference / Under the general editorship of B.Kh. Gaitov. – Krasnodar, 2019. – P. 60–63.
6. Separator for oil refining combined design and its temperature field / Y.M. Kashin [et al.] // Electronic network polythematical journal «Scientific Proceedings of Kuban State Technical University». – 2019. – № 5. – P. 86–99.
7. Diakonov V.P. MATLAB. Full self-tutorial. – M. : DMK Press, 2012. – 768 p.: ill.
8. Danilov P.E., Baryshnikov V.A., Rozhkov V.V. Theory of electric drive: tutorial. – M. : Berlin : Direct-Media, 2018. – 415 p.



УДК 621.316.722.076.12

УСТРОЙСТВО ТРЕХФАЗНОГО СТАТИЧЕСКОГО КОМПЕНСАТОРА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

DEVICE OF THREE-PHASE STATIC REACTIVE POWER COMPENSATOR

Николаев С.А.

бакалавр,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
sergey_nikolayev_98@mail.ru

Рябишина Л.А.

кандидат технических наук,
доцент кафедры электротехники и
электрооборудования предприятий,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
ryabli@yandex.ru

Аннотация. Актуальной задачей при разработке устройств компенсации реактивной мощности является упрощение конструкции и компоновки. Автором ведутся исследования по известной методике с помощью моделирования, которое позволяет расширить диапазон регулирования реактивной мощности.

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, трехфазный компенсатор реактивной мощности, тиристорный вентиль, диапазон регулирования.

Nikolaev S.A.

Bachelor,
Ufa State Petroleum Technical University
sergey_nikolayev_98@mail.ru

Ryabishina L.A.

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Electrical Engineering
and Electrical Equipment of Enterprises,
Ufa State Petroleum Technical University
ryabli@yandex.ru

Annotation. An urgent task in the when developing the devices of reactive power compensation is to simplification of design and layout. The author conducts research on a well-known method using modeling, which allows you to expand the range of reactive power regulation.

Keywords: reactive power compensation, three-phase reactive power compensator, thyristor valve, regulation range.

Для устройств компенсации реактивной мощности (УКРМ) – актуальной научно-технической задачей является расширить диапазон регулирования реактивной мощности. В совокупности с данным вопросом необходимо принять решения по упрощению конструкции и компоновки.

Предшествующий уровень техники не предполагал использование тиристорного вентиля, позволяющего выполнять непосредственное соединение с передающей сетью. Следовательно, тиристорный вентиль, содержащий множество тиристоров соединенных последовательно, позволяет исключить трансформатор. Тиристорный вентиль может содержать симметричные управляемые тиристоры.

Использование трансформатора, в свою очередь, имело некоторые недостатки в отношении надежности и производительности, таких как насыщение трансформатора при высоком емкостном питании или при высоком напряжении сети, потребление реактивной мощности в трансформаторе и избыточные номинальные вторичные токи, и очень высокие токи короткого замыкания.

Поэтому существует необходимость в улучшении применения шунтирующих компенсаторов.

Кроме того, отсутствие трансформатора обеспечивает ряд преимуществ, таких как отсутствие звукового шума от трансформатора и более экологичная, безмасляная установка без необходимости иметь масло-герметичные компоновки [1].

Устройство однофазного статического компенсатора реактивной мощности содержит компенсаторную цепь, состоящую из статического компенсатора реактивной мощности, соединенного последовательно с тиристорным вентиляем, который параллельно соединен с реактором.

Представленная конденсаторная установка с фильтрами гармоник предназначена для эксплуатации в электроустановках с большим количеством нелинейных нагрузок, генерирующих высшие гармоники. Специально подобранные дроссели препятствуют возникновению резонанса в системе и разрушению электроустановки предприятия.

Устройство позволяет уменьшать уровень гармоник в электрической сети, помимо этого, увеличивая КПД силового трансформатора, асинхронных электродвигателей, пускорегулирующей аппаратуры светильников [2].

Таким образом, устройство трехфазного статического компенсатора реактивной мощности, содержащее три однофазных устройства, приведено на рисунке 1, причем каждое из однофазных



устройств выполнено с возможностью соединения с соответствующей одной фазой трехфазной передающей сети.

Компенсаторная цепь может быть выполнена с возможностью соединения на ее первом конце с соответствующей фазой, а на втором конце – с нейтральной точкой, образуя соединение звездой. Число полупроводниковых устройств в соединении звездой значительно ниже, чем если используется соединение треугольником для полного напряжения передающей сети.

Данные технические решения дают возможность использовать указанное устройство в зависимости от типа исполнения установки в различном конструктивном исполнении и комплектации. Конструктивное исполнение может быть модульное и моноблочное. Моноблочные конденсаторные установки применяются для компенсации реактивной мощности в групповых сетях небольших предприятий и для компенсации реактивной мощности отдельных электроприемников и групповых сетей крупных предприятий.

Конденсаторные установки модульной конструкции применяются для компенсации реактивной мощности в групповых сетях электроснабжения. Применяются на крупных и средних предприятиях. Состоят из отдельных, взаимозаменяемых и дополняемых модулей, что позволяет изменять их характеристики по усмотрению службы эксплуатации и силами ее сотрудников [2].

Вышеуказанные технические решения предоставляют возможность упростить конструкцию и компоновку.

В свою очередь, уже были известны компенсаторы реактивной мощности из последовательно соединенных управляемого реактора и емкости. Однако недостатком известного устройства является осуществление регулирования величин индуктивности реактора с изменением числа витков путем их переключения механическим устройством.

Этих недостатков лишены тиристорные конденсаторные установки. Применение конденсаторных установок в задачах быстродействующего регулирования реактивной мощности, частого переключения секций конденсаторных батарей практически невозможно из-за бросков тока и перенапряжений, возникающих при их коммутации обычными выключателями. Тиристорные конденсаторные установки – лучшее, а иногда и единственное решение, когда необходимо осуществлять компенсацию реактивной мощности нагрузке в короткий период времени.

На предыдущем уровне развития технологии реактор подключался с помощью выключателя или отделителя непосредственно на шины электропередачи или к третичной обмотке трансформатора [3].

Тиристорные ключи состоят из двух включенных встречно-параллельно тиристорам. Замена обычных выключателей тиристорными ключами, обеспечивающих коммутацию конденсаторных батарей в определенный момент времени, позволяет снизить броски тока при включении батарей и перенапряжения при их отключении, снять ограничения по частоте коммутаций конденсаторных батарей и придать устройствам свойства, при которых они могут применяться в задачах компенсации реактивной мощности, в том числе и в сетях с резкопеременной нагрузкой [2].

Для ограничения бросков тока тиристор следует открывать в тот момент времени, когда мгновенное значение напряжения сети и напряжение на конденсаторной батарее равны (идеальный случай) или близки. Для ограничения перенапряжений при отключении конденсаторной батареи тиристор следует закрывать при переходе тока в нем через нулевое значение.

Следуя этому принципу, можно практически исключить броски тока и перенапряжения, сняв таким образом ограничение на частоту переключения конденсаторной батареи. Работа устройства в установившемся режиме, который наступает после открытия тиристора через 0,01–0,02 с, не сопровождается ни бросками тока, ни перенапряжениями.

Кроме того, в отличие от установок с контакторами тиристорные конденсаторные установки обладают быстродействием на 2 порядка выше, так как не требуется задержка срабатывания на время разряда конденсатора. При этом следует отметить, что конденсаторы подключаются без пусковых токов. Это продлевает срок службы конденсаторов.

Описание работы схемы на рисунке 1. Напряжение на реакторе 2 при закрытых тиристорах 3 и 4 имеет синусоидальную форму. При включении тиристора напряжение на нем и на реакторе 2 уменьшаются до величины падения, и через него будет протекать ток конденсатора и ток реактора. Следует отметить, что ток конденсатора 1 через тиристор существенно превышает ток реактора. Затем напряжение на этом тиристоре и на реакторе 2 меняет знак, тиристор 3 закрывается. В следующий момент времени оба тиристора 3 и 4 закрыты и ток от сети проходит через реактор 2 и конденсатор 1. Далее управляющим сигналом открывается тиристор 4, и ток от сети проходит через конденсатор 1. Вслед за этим цикл повторяется. Регулирование реактивной мощности производится с помощью тиристорам 3 и 4 описанным выше способом изменения фазы управляющих импульсов.

Таким образом, меняя момент времени включения тиристора 3 и симметрично тиристора 4, можно менять действующее значение тока конденсатора 1, потребляемого из сети, то есть регулировать величину реактивной мощности [4].

В рассмотренном ранее устройстве реактивная мощность изменяется за счет изменения фазы управляющих импульсов тиристорам. По сравнению с устройствами предыдущего уровня, использование тиристорам позволяет расширить диапазон регулирования реактивной мощности.

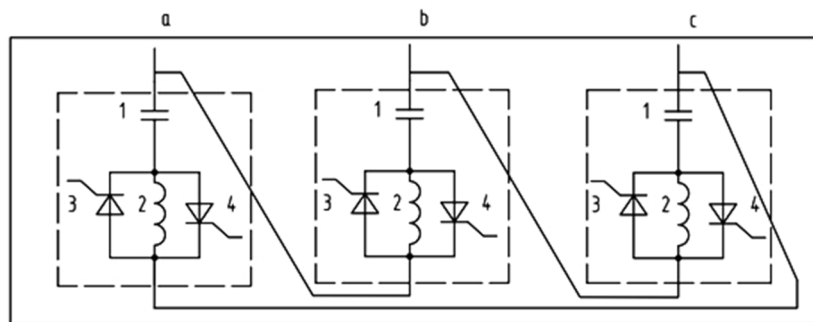


Рисунок 1 – Устройство трехфазного статического компенсатора реактивной мощности

Предложенная автором модель трехфазного статического компенсатора реактивной мощности дает возможность упростить конструкцию и компоновку, а также расширить диапазон регулирования реактивной мощности.

Литература:

1. Пат. 2844401, Российская Федерация. Устройство статического компенсатора реактивной мощности. Опубл. 20.02.2013. – 5 с.
2. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: учебник – 2-е изд. – М. : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020. – 188 с.
3. Кабышев А.В. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий: учебное пособие // Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 60 с.
4. Пат. 2475916, Российская Федерация. Устройство статического компенсатора реактивной мощности. Опубл. 20.04.2012. – 5 с.

References:

1. Pat. 2844401, Russian Federation. Device for static reactive power compensator. Published on February 20, 2013. – 5 p.
2. Ancharova T.V. Electric power supply and electrical equipment of buildings and structures: textbook – 2nd ed. – M. : FORUM: INFRA-M, 2020. – 188 p.
3. Kabyshev A.V. Reactive power compensation in electrical installations of industrial enterprises: a training manual // Tomsk Polytechnic University. – Tomsk : Tomsk Polytechnic University Publisher, 2012. – 60 p.
4. Pat. 2475916, Russian Federation. Device of static reactive power compensator. Published on April 20, 2012. – 5 p.



УДК 62.83.52:62.503.56

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С УПРУГИМ ВАЛОПРОВОДОМ

PROBLEMS OF ELECTRIC DRIVES WITH ELASTIC SHAFT

Прохоренко Никита Ярославовичаспирант,
Кубанский государственный технологический университет
classyadvets@gmail.com**Prokhorenko Nikita Yaroslavovich**Graduate Student,
Kuban State Technological University
classyadvets@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрен электропривод с упругим валопроводом, управление перемещениями исполнительного органа которого осуществляются по оптимальной или близкой к оптимальной по быстродействию диаграмме.

Ключевые слова: электропривод; упругий валопровод; перемещение; диаграмма перемещения; исполнительный орган.

Annotation. The article describes the drive with elastic shafting, control the movements of the executive body which carried out under optimal or near-optimal to hell on speed chart.

Keywords: electric drives; elastic shaft; displacement; chart movement; the executive body.

В работах [1–4] решается часть задач управления перемещением исполнительного органа электропривода с упругим валопроводом.

При решении задач управления перемещением исполнительного органа электропривода с упругим валопроводом, использована следующая математическая модель силовой части электропривода [5]:

$$U(t) = C_e \cdot \omega_1(t) + R_{\text{я}} \cdot I_{\text{я}}(t) + L_{\text{я}} \cdot I_{\text{я}}^{(1)}(t);$$

$$C_m \cdot I_{\text{я}}(t) = M_y + J_1 \cdot \omega_1^{(1)}(t);$$

$$M_y = C_y \cdot (\varphi_1(t) - \varphi_2(t));$$

$$M_y = M_c + J_2 \cdot \omega_2^{(1)}(t);$$

$$\varphi_1^{(1)}(t) = \omega_1(t);$$

$$\varphi_2^{(1)}(t) = \omega_2(t);$$

$$M_c = \text{const.}$$

где U – напряжение, приложенное к якорной цепи электродвигателя, В; $I_{\text{я}}$ – ток якорной цепи электродвигателя, А; ω_1 – угловая скорость электродвигателя, $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$; φ_1 – угол поворота электродвигателя, рад; $M_{\text{со}}$ – постоянный по величине момент сопротивления, Н · м; M_y – упругий момент сопротивления, Н · м; ω_2 – угловая скорость исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$; φ_2 – угол поворота исполнительного органа электропривода, рад; C_e – коэффициент пропорциональности между угловой скоростью исполнительного органа электропривода и ЭДС электродвигателя, $\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$; $R_{\text{я}}$ – сопротивление якорной цепи электродвигателя, Ом; $L_{\text{я}}$ – индуктивность якорной цепи электродвигателя, Гн; C_m – коэффициент пропорциональности между током и моментом электродвигателя, В · с; J_1 – момент инерции электродвигателя, кг · м²; J_2 – момент инерции исполнительного органа электропривода, кг · м²; C_y – жесткость валопровода, $\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{рад}}$.

Разработаны девять видов оптимальных по быстродействию диаграмм перемещения электроприводов с упругим валопроводом, соответствующих девяти раскладам корней характеристического уравнения. Данные переходные процессы сформированы в три группы по признакам:

- корни характеристического уравнения действительные;
- корни характеристического уравнения смешанные;
- корни характеристического уравнения комплексные.

Область существования приведенных диаграмм рассчитана для больших перемещений исполнительного органа электропривода. Для каждой диаграммы определены граничные значения. При дальнейшем уменьшении задания по перемещению исполнительного органа электропривода с упругим валопроводом необходимо переходить к построению новых диаграмм, учитывающих достижение ограничений по току, скорости и моменту сопротивления.

Для примера, на рисунке 1 представлена оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями максимального значения тока и пятой производной скорости.



4. Добробаба Ю.П., Кошкин Г.А., Добробаба С.В. Шестнадцать видов рациональных диаграмм перемещения электроприводов с упругим валопроводом. – Текст : непосредственный // «Электромеханические преобразователи энергии» : материалы 3-ей Межвузовской научной конференции. – Краснодар : Краснодарский военный авиационный институт, 2004. – С. 84–86.

5. Добробаба Ю.П., Луценко А.Ю. Управление энергосберегающими позиционными электроприводами с зависящим от скорости моментом сопротивления. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2015. – 108 с. – Текст : непосредственный.

6. Добробаба Ю.П., Кошкин Г.А., Прохоренко Н.Я. Разработка оптимальных по быстродействию диаграмм для малых перемещений исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления: монография / Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2018. – 125 с.

7. Добробаба Ю.П., Кошкин Г.А., Прохоренко Н.Я. Оптимальное по быстродействию управление небольшими перемещениями исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления // Технические и технологические системы: Материалы девятой международной научной конференции «ТТС-17» (22–24 ноября 2017 года) ФГБОУ ВО «КубГТУ», КВВАУЛ им. А.К. Серова; под общей редакцией Б.Х. Гайтова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – С. 153–156.

8. Добробаба Ю.П., Кошкин Г.А., Прохоренко Н.Я. Определение параметров оптимальной по быстродействию первой диаграммы при небольших перемещениях исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления [Электронный ресурс] // Научные труды КубГТУ. – 2017. – № 4. – 60–70 с. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/1597>.

References:

1. Dobrobaba SP, Konoplin V.I. Microposition program-controlled electric drive with elastic shaft drive. – Krasnodar : Kuban State Technological University, 2008. – 156 p. – Text : direct.

2. Dobrobaba Y.P., Litash B.S. Quasi-optimal in speed program-controlled position electric drive. – Krasnodar : Kuban State Technological University, 2009. – 178 p. – Text : direct.

3. Patent for invention № 2401501, Russian Federation, МПК H 02 R 7/06 (2006.01). Position program-controlled electric drive / Dobrobaba U.P., Prokhorenko D.S., applicant and patent holder Kuban State Technological University. – № 2009123744/09; application form. 22.06.2009; publ. 10.10.2010, Bulletin № 28.

4. Dobrobaba Y.P., Koshkin G.A., Dobrobaba S.V. Sixteen kinds of rational motion diagrams of electric drives with elastic shaft drive. – Text : direct // «Electromechanical energy converters». Materials of the 3rd Interuniversity Scientific Conference. – Krasnodar : Krasnodar Military Aviation Institute, 2004. – P. 84–86.

5. Dobrobaba Y.P., Lutsenko A.Y. Control of Energy-Saving Position Electric Drives with Speed-Dependent Momentum of Resistance. – Krasnodar : Kuban State Technological University, 2015. – 108 p. – Text : direct.

6. Dobrobaba Y.P., Koshkin G.A., Prokhorenko N.Y. Development of speed-optimal diagrams for small displacements of the DC actuator with speed-dependent torque resistance: monograph / Kuban. State Technological University. – Krasnodar : Izd. FGBOU VO «KubGTU», 2018. – 125 p.

7. Dobrobaba Y.P., Koshkin G.A., Prokhorenko N.Y. Optimal in speed control of small movements of the actuator of DC electric drive with speed-dependent torque resistance // Technical and Technological Systems: Proceedings of the ninth international scientific conference «TTS-17» (22–24 November 2017) FGBOU VO «KubGTU», A.K. Serov CVBAUL; ed. by B.H. Gaitov. – Krasnodar : Publishing House – South, 2017. – P. 153–156.

8. Dobrobaba Y.P., Koshkin G.A., Prokhorenko N.Y. Determination of the parameters of the optimal first-order diagram in terms of speed in small displacements of the actuator of DC electric drive with speed-dependent torque resistance [Electronic resource] // Scientific Proceedings of KubGTU. – 2017. – № 4. – P. 60–70. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/1597>.



УДК 621.313

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ СОВМЕЩЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО СЕПАРАТОРА

ENGINE FEATURES OF COMBINED CENTRIFUGAL SEPARATOR DESIGN

Самородов Александр Валерьевич

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры электротехники и электрических машин,
Кубанский государственный технологический университет
alex.samorodoff@gmail.com

Ким Владислав Анатольевич

ассистент
кафедры электротехники и электрических машин,
Кубанский государственный технологический университет
vladk-kub@mail.ru

Мараховский Евгений Александрович

студент,
Кубанский государственный технологический университет
zheka3334@mail.ru

Колбасин Сергей Игоревич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
kolbasinserega@yandex.ru

Вершняк Алексей Владимирович

студент,
Кубанский государственный технологический университет
altunmei-zu105@gmail.com

Аннотация. В статье представлены характеристики двигателя совмещенной конструкции центробежного сепаратора, полученные в результате математического моделирования.

Ключевые слова: математическое моделирование, массивный ротор, совмещенная конструкция, качество электроэнергии, сепаратор.

Samorodov Alexander Valerievich

Ph. D., Associate Professor of
the Department of Electrical Engineering
and Electrical Machines
Kuban State Technological University
alex.samorodoff@gmail.com

Kim Vladislav Anatolevich

Assistant of Electrical Engineering and
Electrical Machines,
Kuban State Technological University
vladk-kub@mail.ru

Marakhowsky Evgeny Alexandrovich

Student,
Kuban State Technological University
zheka3334@mail.ru

Kolbasin Sergey Igorevich

Student,
Kuban State Technological University
kolbasinserega@yandex.ru

Vershnyak Aleksey Vladimirovich

Student,
Kuban State Technological University
altunmei-zu105@gmail.com

Annotation. The article presents the characteristics of the engine of the combined design of the centrifugal separator, obtained as a result of mathematical modeling.

Keywords: mathematical modeling, massive rotor, combined structure, power quality, separator.

На кафедре электротехники и электрических машин ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» в ходе работ [1–6] по созданию электромеханических преобразователей энергии совмещенной конструкции был разработан с двигателем совмещенной конструкции [7], в котором массивный ротор электрической машины выполняет дополнительную функцию исполнительного органа сепаратора, в котором происходит процесс сепарирования газодонефтяной эмульсии [8] перед ее подачей в магистральные трубопроводы.

Для проведения комплексных исследований двигателя совмещенной конструкции центробежного сепаратора была разработана математическая модель двигателя совмещенной конструкции, реализованная в программном пакете MATLAB Simulink.

В процессе моделирования в качестве входных изменяющихся параметров были приняты следующие величины:

- величина амплитуды питающего напряжения, базовое значение действующего напряжения – 220 В, амплитудное значение базового напряжения – 311 В, диапазон изменения величины принят 10 % (в соответствии с [9] допустимо отклонение значения напряжения в пределах 10 %);
- значение частоты питающего напряжения, базовое значение – 50 Гц, диапазон изменения величины принят 0,8 % (согласно [9] допустимо отклонение в пределах 0,2 Гц);
- форма кривой питающего напряжения, базовое значение – форма кривой питающего напряжения содержит только 1-ую гармонику, при исследовании учитывалось, что форма кривой питающего напряжения может содержать не только 1-ую гармонику, но и высшие гармоники (комбинации 5-ой и 7-ой гармоник с 1-ой гармоникой).



На рисунках 1–4 представлены характеристики, полученные в результате вычислительного эксперимента. На рисунке 1 представлены графики зависимости пускового электромагнитного момента двигателя совмещенной конструкции центробежного сепаратора от амплитуды питающего напряжения при различных значениях частоты питающего напряжения. На рисунке 2 представлены графики зависимости установившейся скорости вращения ротора-барабана (рабочего органа центробежного сепаратора с двигателем совмещенной конструкции) от амплитуды питающего напряжения при различных значениях частоты питающего напряжения. На рисунке 3 показано как изменяется значение пускового электромагнитного момента двигателя совмещенной конструкции центробежного сепаратора при искажении синусоидальной формы кривой питающего напряжения высшими гармониками. На рис. 4 показано как изменяется значение установившейся скорости вращения ротора-барабана (рабочего органа центробежного сепаратора с двигателем совмещенной конструкции) при искажении синусоидальной формы кривой питающего напряжения высшими гармониками.

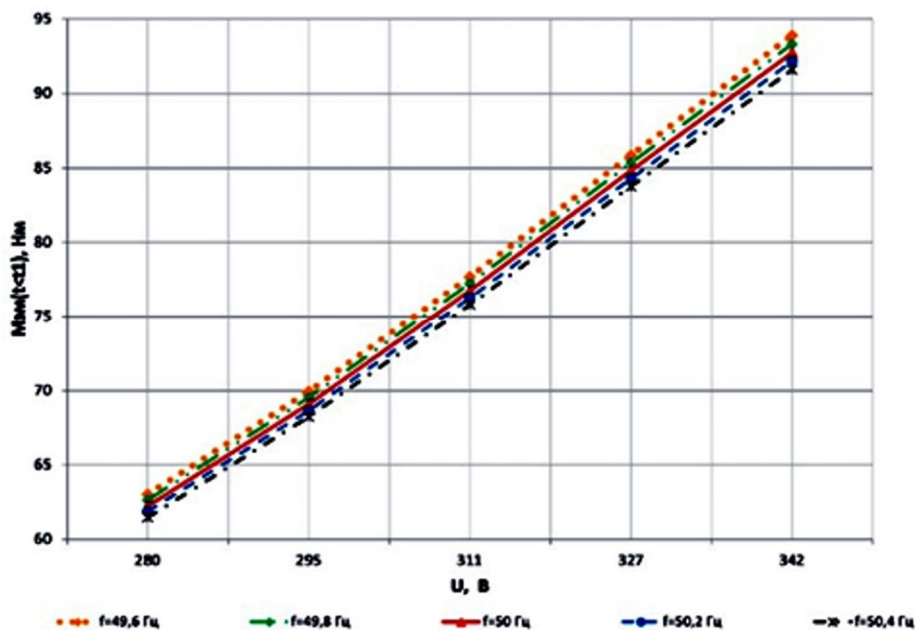


Рисунок 1 – График зависимости пускового электромагнитного момента двигателя совмещенной конструкции центробежного сепаратора от частоты и амплитуды питающего напряжения $M_{эм.пуск} = f(f, U)$

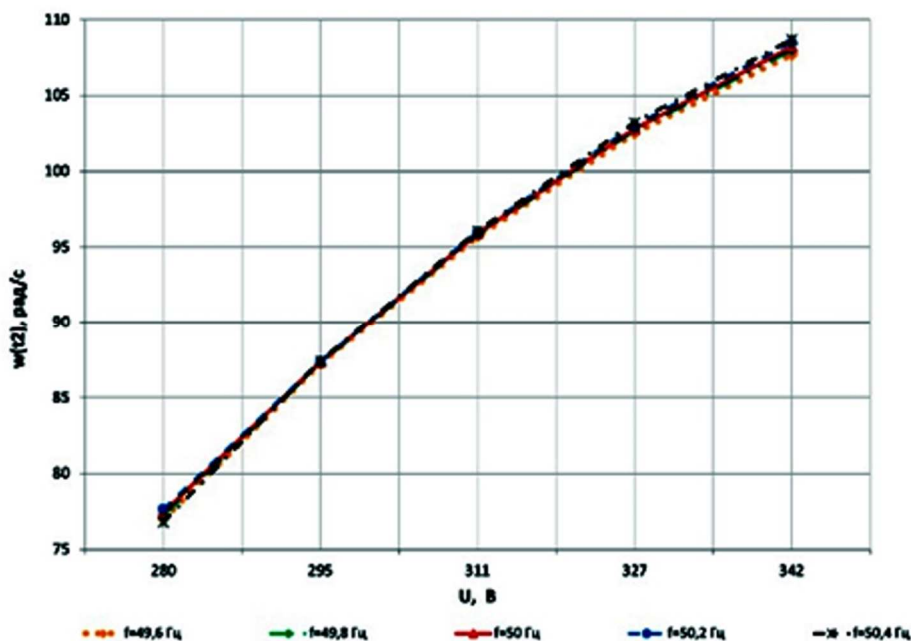


Рисунок 2 – График зависимости скорости вращения ротора-барабана (рабочего органа центробежного сепаратора с двигателем совмещенной конструкции) от частоты и амплитуды питающего напряжения $w = f(f, U)$

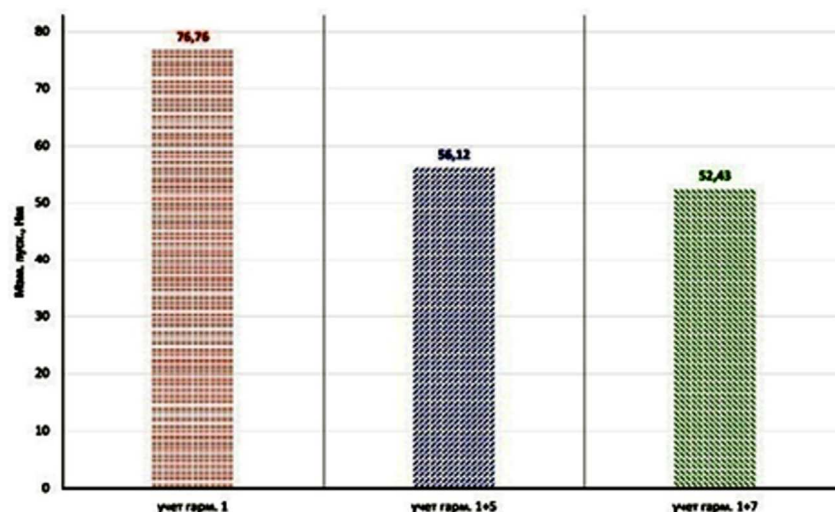


Рисунок 3 – Изменение значение пускового электромагнитного момента двигателя совмещенной конструкции центробежного сепаратора при искажении синусоидальной формы кривой питающего напряжения высшими гармониками

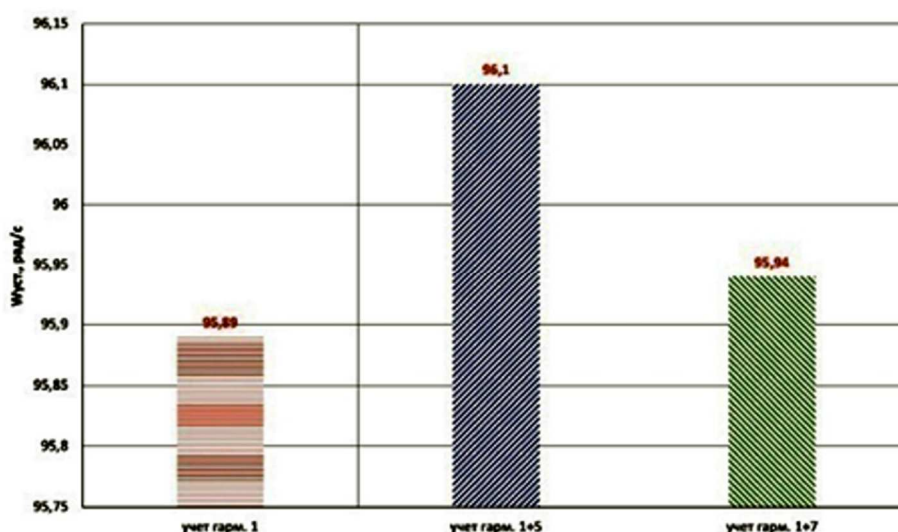


Рисунок 4 – Изменение значения установившейся скорости вращения ротора-барабана (рабочего органа центробежного сепаратора с двигателем совмещенной конструкции) при искажении синусоидальной формы кривой питающего напряжения высшими гармониками

На основании анализа характеристик приведенных на рисунке 1 видно, что увеличение величины амплитуды питающего напряжения приводит к увеличению пускового электромагнитного момента двигателя совмещенной конструкции центробежного сепаратора, это подтверждает положение $M \propto U^2$, изложенное в [10]. На основании анализа характеристик, приведенных на рисунке 2 видно, что увеличение величины амплитуды питающего напряжения приводит к увеличению скорости вращения ротора-барабана (рабочего органа центробежного сепаратора с двигателем совмещенной конструкции), это подтверждает положение $\omega \propto U$, при неизменном моменте сопротивления – M_c (нагрузка на валу) согласно [11].

При анализе рисунка 3 видно, что искажение синусоидальной формы кривой питающего напряжения высшими гармониками (пятой и седьмой) приводит к снижению пускового электромагнитного момента двигателя совмещенной конструкции центробежного сепаратора, что подтверждает положение о негативном влиянии высших гармоник на работу электропривода центробежного сепаратора по [12], так как наличие высших гармоник приводит к появлению «паразитических» моментов, уменьшающих величину электромагнитного момента двигателя.

При анализе рисунка 4 видно, что искажение синусоидальной формы кривой питающего напряжения высшими гармониками (пятой и седьмой) приводит к увеличению скорости вращения ротора-барабана сепаратора с двигателем совмещенной конструкции. Это обусловлено увеличением величины действующего напряжения, при наличии в составе питающего напряжения 5-й или 7-й высших гармоник ($U_{d.rap.1} = 220 \text{ В}$, $U_{d.rap.1+5} = 224,3 \text{ В}$, $U_{d.rap.1+7} = 222,2 \text{ В}$), что согласуется с положени-



ем $\omega \equiv U$, при неизменном моменте сопротивления – M_c (нагрузка на валу) по [11]. Негативное влияние высших гармоник, в частности 5-й и 7-й, уменьшается применением укороченного шага обмотки статора согласно [10].

Литература:

1. Сепаратор для переработки нефти совмещенной конструкции и его температурное поле / Я.М. Кашин [и др.] // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2019. – № 5. – С. 86–99.
2. Разработка нового вида энергосберегающей установки для переработки нефти / Б.Х. Гайтов [и др.] // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия «Естественно-математические и технические науки». – Майкоп : Изд-во АГУ, 2019. – № 3 (246). – С. 103–108.
3. Энергосберегающая установка для сепарирования нефти и определения ее параметров / Б.Х. Гайтов [и др.] // Энергосбережение и водоподготовка. – 2019. – № 4 (120). – С. 58–62.
4. Отечественные и зарубежные установки для переработки нефти и перспективы их развития / Я.М. Кашин [и др.] // Энергосбережение и водоподготовка. – 2020. – № 3 (125). – С. 12–18.
5. Gaytov B.K., Kim V.A., Koryun A.Z. Adjustment Characteristics of Resource Saving Unit for Oil Refining, 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). – Vladivostok, Russia, 2019. – P. 1–5, doi: 10.1109/FarEastCon.2019.8934816.
6. Kashin Y.M., Kopelevich L.E., Kim V.A. Determination of the Parameters of the Electromagnetic System of the Installation for Oil Treatment // 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). – Sochi, Russia, 2020. – P. 1–7, doi: 10.1109/ICIEAM48468.2020.9111990.
7. Пат. 2 706 320 Российская Федерация, МПК7 B04B 9/02, B04B 9/00, B04B 9/04, B04B 15/00. Сепаратор для полидисперсных жидких систем / Кашин Я.М., Копелевич Л.Е., Самородов А.В., Ким В.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – № 2019111177; заявл. 12.04.19; опубл. 15.11.19, Бюл. № 32.
8. Эрих В.Н., Расина М.Г., Рудин М.Г. Химия и технология нефти и газа // Изд. 2-е, пер. – Л. : «Химия». – 1977. – 424 с.
9. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
10. Копылов И.П. Электрические машины: учебник для бакалавров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2012. – 675 с.
11. Данилов П.Е., Барышников В.А., Рожков В.В. Теория электропривода: учебное пособие. – М. : Берлин : Директ-Медиа, 2018. – 415 с.
12. Куцевалов В.М. Вопросы теории и расчета асинхронных машин с массивными роторами. – М. – Л. : Энергия, 1966.

References:

1. Separator for oil refining combined design and its temperature field / Y.M. Kashin [et al.] // Electronic network polytheme journal «Scientific Proceedings of the Kuban State Technical University». – 2019. – № 5. – P. 86–99.
2. Development of a new type of energy-saving unit for oil refining / B.Kh. Gaitov [et al.] // Bulletin of Adygeyan State University. Series «Natural-mathematical and technical sciences». – Maykop : Publishing house of ASU, 2019. – № 3 (246). – P. 103–108.
3. Energy-saving unit for oil separation and determination of its parameters / B.Kh. Gaitov [et al.] // Energoberezhenie i vodopodgotovka. – 2019. – № 4 (120). – P. 58–62.
4. Domestic and foreign installations for oil refining and prospects for their development / Y.M. Kashin [et al.] // Energoberezhenie i vodopodgotovka. – 2020. – № 3 (125). – P. 12–18.
5. Gaytov B.K., Kim V.A., Koryun A.Z. Adjustment Characteristics of Resource Saving Unit for Oil Refining, 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). – Vladivostok, Russia, 2019. – P. 1–5, doi: 10.1109/FarEastCon.2019.8934816.
6. Kashin Y.M., Kopelevich L.E., Kim V.A. Determination of the Parameters of the Electromagnetic System of the Installation for Oil Treatment // 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). – Sochi, Russia, 2020. – P. 1–7, doi: 10.1109/ICIEAM48468.2020.9111990.
7. Pat. 2 706 320 Russian Federation, IPK7 B04B 9/02, B04B 9/00, B04B 9/04, B04B 15/00. Separator for poly-disperse liquid systems / Kashin Y.M., Kopelevich L.E., Samorodov A.V., Kim V.A.; applicant and patent-holder «Kuban State Technological University». – № 2019111177; application. 12.04.19; publ. 15.11.19, Bulletin № 32.
8. Ehrich V.N., Rasina M.G., Rudin M.G. Chemistry and Technology of Oil and Gas // Ed. 2 nd, translated – L. : «Chemistry». – 1977. – 424 p.
9. GOST 32144-2013. Electrical energy. Compatibility of technical means electromagnetic. Standards of quality of electrical energy in power supply systems of general purpose.
10. Kopylov I.P. Electrical machines: textbook for bachelors. – 2nd edition, revised. and supplementary – M. : Publishing house Yurait, 2012. – 675 p.
11. Danilov P.E., Baryshnikov V.A., Rozhkov V.V. Theory of electric drive: tutorial. – M. : Berlin : Direct-Media, 2018. – 415 p.
12. Kutsevalov V.M. Issues of theory and calculation of asynchronous machines with massive rotors. – M. : L. : Energy, 1966.



УДК 621.383

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ПИТАНИЯ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТНОЙ АРМАТУРЫ

RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR POWER SUPPLY OF PROTECTIVE ARMATURE DEVICES

Умрихин Дмитрий Олегович

студент магистратуры 2 года обучения гр. 18-НМ-ЭЭ2,
Кубанский государственный технологический университет
ymdim26@mail.ru

Асташов Максим Александрович

аспирант 3 года обучения гр. 18-АО-ЭТ1,
Кубанский государственный технологический университет
i.am.jlaku@gmail.com

Черкасский Павел Андреевич

аспирант 5 года обучения гр. 14-АЗк-ЭТ061
cherkass@list.ru

Ивашкин Илья Ильич

аспирант 2 года обучения гр. 19-АЗ-ЭТ1,
Кубанский государственный технологический университет
warmuru@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена использованию возобновляемых источников электроэнергии при питании устройств защитной арматуры (УЗА) нефте- и газопроводов.

Ключевые слова: защитная арматура, электроснабжение, возобновляемые источники электроэнергии.

Umrihin Dmitriy Olegovich

2nd Year Master's Student, Gr. 18-NM-EE2,
Kuban State Technological University
ymdim26@mail.ru

Astashov Maxim Aleksandrovich

Graduate Student of the 3rd Year of Study,
Gr. 18-AO-ET1,
Kuban State Technological University
i.am.jlaku@gmail.com

Cherkassky Pavel Andreevich

Graduate Student of the 5rd Year of Study,
Gr. 14-AZk-ET061
cherkass@list.ru

Ivashkin Ilya Ilyich

Graduate Student of the 2rd Year of Study,
Gr. 19-AZ-ET1,
Kuban State Technological University
warmuru@mail.ru

Annotation. This article is devoted to the use of renewable sources of electricity in the supply of protective valves of oil and gas pipelines.

Keywords: protective fittings, power supply, renewable energy sources.

В настоящий момент Россия находится на втором месте в мире по добыче нефти и газа. Это обуславливается большим количеством месторождений на территории страны, а также огромной протяжённостью нефте- и газопроводов. Протяжённость магистральных трубопроводов в России составляет более 250 тыс. км.

При строительстве и эксплуатации трубопроводных систем возникает необходимость установки трубопроводной арматуры. К трубопроводной арматуре относят устройства, которые предназначены для управления потоками сред путем отключения трубопроводов или их участков, распределения потоков по требуемым направлениям, регулирования различных параметров среды и выпуска среды по необходимости направлению путем изменения проходного сечения в рабочем органе арматуры. Эти устройства монтируются на трубопроводах, емкостях, котлах и других установках, входящих в трубопроводную систему.

Для предотвращения утечки нефти и газа во время аварий по протяженности нефте- и газопроводов устанавливаются устройства защитной арматуры (УЗА).

Защитная арматура предназначена для защиты технологических систем, оборудования, трубопроводов, насосов и сосудов под давлением от возникновения или последствий аварийных ситуаций. По своему назначению защитная арматура очень близка к предохранительной, оба вида должны предотвращать отклонения от нормального течения технологического процесса и ограничивать последствия таких отклонений, не давая развиться серьезным авариям. Главное их отличие заключается в принципе действия: предохранительная арматура открывается, обеспечивая массотвод, и, за счёт него снижение параметров системы, защитная – закрывается, отключая защищаемый участок системы или единицу оборудования. УЗА представляет собой несколько клапанов или задвижек, приводимых в движение электроприводами.

В следствии того, что большая часть УЗА находится вдали от воздушных линий электропередач и источников электропитания, а также небольшой электрической мощности электрооборудования УЗА, возникает необходимость рассмотрения возобновляемых источников электроэнергии в качестве основного источника питания электроприемников УЗА [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

В качестве возобновляемых источников электроэнергии используются источники, работающие от энергии солнца и ветра [8, 9, 10, 11, 12].



Повышение энергоэффективности можно достичь путем совместного использования энергии солнца, используя энергетические гелиосистемы, и энергии ветра или движения воды [8].

При этом происходит электромеханическое преобразование механической энергии, подаваемой на один (механический) вход машины, и электрической энергии постоянного тока, одновременно подаваемой на другой ее вход (электрический) в суммарную электрическую энергию переменного тока. Данное устройство обеспечивает суммирование и преобразования механической энергии (например, энергии ветра) и электрической энергии постоянного тока (например, энергии солнца, поступающей от энергетических гелиосистем) в электрическую энергию трех фазного (или более) переменного тока при одновременном повышении стабильности параметров электрической энергии на выходе.

Работает источник следующим образом: при наличии энергии ветра и электрической энергии постоянного тока обгонные муфты 4, 6 соединяют ветротурбину 7 и двигатель постоянного тока 5, с генератором m -фазного переменного тока 1 и передают ему вращающие моменты M_b и M_{bm} для дальнейшего суммирования и преобразования ее в электрическую энергию m -фазного переменного тока (рис. 1).

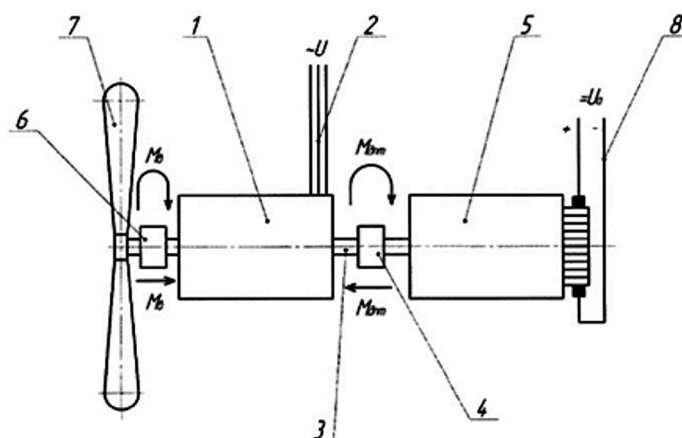


Рисунок 1 – Электромашинный ветро-солнечный преобразователь

При этом полярность подключения источника постоянного тока при помощи проводов 8 согласована таким образом, чтобы вращающие моменты, создаваемые ветротурбиной 7 и двигателем постоянного тока 5, совпадали по направлению. Другими словами, при недостаточном для вращения ветротурбины ветре, момент инерции преодолевается посредством суммирования моментов вращения от ветра (посредством ветрогенератора) и момента вращения от солнца (посредством преобразования энергии, полученной на фотоэлементах, двигателем постоянного тока). Если к проводам 2 подключить электрическую нагрузку к генератору m -фазного переменного тока 1, то электрическая цепь будет замкнута и в ней возникнет m -фазный переменный ток.

Таким образом, электромашинный ветро-солнечный преобразователь позволяет использовать энергию ветра при более низких пороговых значениях скорости ветра.

На основе вышеизложенного, совместное использование энергии ветра и солнца является эффективнее, чем использование перечисленных источников по отдельности, что подтверждают среднегодовые показатели скорости ветра и солнечной активности на территории России [6].

Литература:

1. Электромашинный ветро-солнечный преобразователь / С.А. Попов [и др.] // Технические и технологические системы: Материалы десятой международной научной конференции «ТТС-17» (22–24 ноября 2017 года) / ФГБОУ ВО «КубГТУ», КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – С. 78–82.
2. Обоснование применения гибридных ветро-солнечных энергоустановок на основе электромеханических преобразователей / С.А. Попов [и др.] // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы. Материалы I Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей, посвященной 60-летию со дня образования Армавирского механико-технологического института, 2019. – С. 76–79.
3. Альтернативная энергетика на службе у нефтянников / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 324–326.
4. Попов С.А., Асташов М.А. Разработка математической модели гибридной электрической машины-генератора // Инженерные технологии в сельском и лесном хозяйстве. Материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции, 2020. – С. 74–78.
5. Попов С.А., Кривченков В.И. Идентификация постоянной времени якорной цепи двигателя постоянного тока // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2020. – № 33. – С. 115–128.



6. Применение ветрогенераторов с вертикальной и горизонтальной осью в нефтегазовой отрасли / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 185–188.
7. Анализ конструкций ветрогенераторов и перспективы их применения на предприятиях нефтегазовой отрасли / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 321–323.
8. Патент 2639714 (РФ). Ветро-солнечный генератор со сдвоенным ротором / Попов С.А. – БИ, 2017. – № 36.
9. Патент 2629017 (РФ) Гибридная аксиальная электрическая машина-генератор / Попов С.А., Попов М.С. – БИ, 2016. – № 24.
10. Патент 2633377 (РФ). Гибридная электрическая машина-генератор / Попов С.А., Попов М.С., Михед А.И. – БИ, 2016. – № 29.
11. Патент 2643522 (РФ). Гибридный ветро-солнечный генератор / Попов С.А., Попов М.С. – БИ, 2018. – № 4.
12. Патент на полезную модель № 171597 (РФ). Электромашинный ветро-солнечный преобразователь / Попов С.А. – БИ, 2016. – № 16.

References:

1. Electromachine wind-solar converter / S.A. Popov [et al.] // Technical and Technological Systems: Proceedings of the Tenth International Scientific Conference «TTS-17» (22–24 November 2017) / FGBOU VO «KubGTU», A.K. Serov KVVAVUL. – Krasnodar : Publishing House – South, 2017. – P. 78–82.
2. Substantiation of application of hybrid wind-solar power installations on the basis of electromechanical converters / S.A. Popov [et al.] // Modern electrotechnical and information complexes and systems. Proceedings of the I International Scientific-Practical Conference of Students, Postgraduates and Teachers, dedicated to the 60th anniversary of the Armavir Mechanical and Technological Institute, 2019. – P. 76–79.
3. Alternative power engineering at the oilmen's service / S.A. Popov [et al.] // Bulatov's readings. – 2020. – P. 324–326.
4. Popov S.A., Astashov M.A. Development of mathematical model of hybrid electric machine-generator // Engineering technologies in agriculture and forestry. Proceedings of the All-Russian National Scientific and Practical Conference, 2020. – P. 74–78.
5. Popov S.A., Krivchenkov V.I. Identification of time constant of DC motor anchor circuit // Vestnik PNIPU. Electrical engineering, information technologies, control systems. – 2020. – № 33. – P. 115–128.
6. Application of wind turbines with vertical and horizontal axis in oil and gas industry / S.A. Popov [et al.] // Bulatov Readings. – 2020. – P. 185–188.
7. Analysis of wind generators' designs and prospects for their application at the oil and gas industry enterprises / S.A. Popov [et al.] // Bulatov readings. – 2020. – P. 321–323.
8. Patent 2639714 (RF). Wind-solar generator with twin rotor / Popov S.A. – BI, 2017. – № 36.
9. Patent 2629017 (RF) Hybrid axial electric machine-generator / Popov S.A., Popov M.S. – BI, 2016. – № 24.
10. Patent 2633377 (RF). Hybrid electric machine-generator / Popov S.A., Popov M.S., Mikhed A.I. – BI, 2016. – № 29.
11. Patent 2643522 (RF). Hybrid wind-solar generator / Popov S.A., Popov M.S. – BI, 2018. – № 4.
12. Useful model patent № 171597 (RF). Electromachine wind-solar converter / Popov S.A. – BI, 2016. – № 16.



УДК 62-533.7

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НЕФТЕ- ГАЗОПРОВОДОВ

INCREASING THE EFFICIENCY OF THE POWER SUPPLY SYSTEM OF LINEAR CONSUMERS OF OIL AND GAS PIPELINES

Черкасский Павел Андреевич

аспирант 5 года обучения гр. 14-АЗк-ЭТ061,
Кубанский государственный технологический университет
cherkass@list.ru

Климентьев Сергей Вячеславович

кандидат физико-математических наук, доцент,
Кубанский государственный технологический университет
klimentiew3691@gmail.com

Асташов Максим Александрович

аспирант 3 года обучения гр. 18-АО-ЭТ1,
Кубанский государственный технологический университет
i.am.jlaku@gmail.com

Умрихин Дмитрий Олегович

студент магистратуры 2 года обучения гр. 18-НМ-ЭЭ2,
Кубанский государственный технологический университет
ymdim26@mail.ru

Аннотация. Выполнен анализ применяемых схем системы электроснабжения вдольтрассовых потребителей нефте- и газопроводов, установлена целесообразность применения для повышения надёжности и экономической эффективности технологического цикла добычи, транспортировки, хранения и переработки в комбинированных и автономных системах автономных источников питания на основе ветроэнергетических установок. Предложена схема комбинированной системы инвариантного регулирования работы ветрогенератора с функцией управляющего воздействия. Предложен метод планирования эксперимента для обработки функции на основании базы метеорологических данных территории установки автономного источника питания на основе энергии ветра.

Ключевые слова: автономный источник энергии, ветроэнергетические установки, система автоматического управления, схема «преобразователь частоты – синхронный генератор».

Cherkassky Pavel Andreevich

Graduate Student of the 5rd Year of Study,
Gr. 14-AZk-ET061,
Kuban State Technological University
cherkass@list.ru

Klimentiev Sergey Vyacheslavovich

Candidate of Physical and
Mathematical Sciences, Associate Professor,
Kuban State Technological University
klimentiew3691@gmail.com

Astashov Maxim Aleksandrovich

Graduate Student of the 3rd Year of Study,
Gr. 18-AO-ET1,
Kuban State Technological University
i.am.jlaku@gmail.com

Umrihin Dmitriy Olegovich

2nd Year Master's Student, Gr. 18-NM-EE2,
Kuban State Technological University
ymdim26@mail.ru

Annotation. The analysis of the applied schemes of the power supply system for along-route consumers of oil and gas pipelines has been carried out, the expediency of application has been established to increase the reliability and economic efficiency of the technological cycle of production, transportation, storage and processing in combined and autonomous systems of autonomous power sources based on wind power plants. The model of the combined system of invariant regulation of the wind generator operation and the function of the control action are proposed. A method is proposed for planning an experiment for processing a function based on the meteorological data base of the territory of the installation of an autonomous power source based on renewable wind energy.

Keywords: autonomous power source, wind power plants, along-route consumers, automatic control system, model «frequency converter – synchronous generator».

Введение

В настоящее время в нашей стране наблюдается стремительный рост объёмов добычи нефти, газа и связанных с ними строительства, реконструкции технологических систем добычи, транспортировки, хранения и переработки. Для обеспечения нормальной работы системы единого нефте- и газоснабжения должно быть обеспечено надёжное электроснабжение технологических объектов вдоль-трассовых, линейных, потребителей. В качестве автономных источников питания, до 90-х годов, применялись в основном, дизельные электростанции, а в настоящее время и электростанции на попутном нефтяном газе. С учётом стратегической задачи по уменьшению антропогенного воздействия на окружающую среду целесообразно применение автономных источников энергии



(АИЭ) на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). ВИЭ используется самостоятельно, либо в сочетании с углеводородными источниками [1, 2, 3, 4]. На долю ВИЭ приходится 35 % энергетического баланса в ЕС, 27 % в Китае, 21 % в Индии и около 18 % в США, России и Японии. Установленная мощность ВИЭ в мире в 2020 году достигла почти 200 ГВт. Инновационные исследования по совершенствованию возобновляемых и гибридных автономных энергосистем набирают силу [5, 6]. Развитие силовой электроники и микропроцессорной техники увеличивает стремительный рост высокотехнологичных, энергоэффективных, надёжных и быстро окупаемых систем в данной отрасли. Глобальной задачей является создание надёжных, гибридных автономных систем электроснабжения (СЭС), позволяющих обеспечить технологические циклы добычи и транспортировки нефти, газа на местах.

Основные характеристики энергопотребления для собственных нужд

На собственные нужды при транспортировке нефти и газа расходуется от 250 кВт*ч до 9 МВт*ч энергии при протяжённости трассы воздушных линий электропередачи 10кВ (ВЛ) от 150 км до нескольких тысяч километров. Такой разброс параметров определяет индивидуальный адаптивный подход к выбору АИЭ. Формирование структуры собственных нужд определяется удалённостью газопроводов от магистральных распределительных сетей (МРС) и относительно небольшой мощностью отдельных линейных потребителей 2–40 кВт (средства электрохимической защиты; контролируемые пункты линейной телемеханизации (КПТМ); оборудование связи; средства контрольно-измерительных приборов и автоматики; станции газораспределения и пункты редуцирования и т.д.).

Основным требованием к СЭС для собственных нужд является надёжность, обеспечивающая стабильное и безаварийное состояние единой системы нефте- и газоснабжения. Современные СЭС линейных потребителей проектируются в 3-ёх основных вариантах.

Вариант 1. Централизованное электроснабжение по всей территории.

Электроснабжение линейных потребителей осуществляется от ВЛ-6-10 кВ, расположенной вдоль трассы трубопровода с питанием от МРС. Категория надёжности обеспечивается установкой в линию секционирующих пунктов (СП) с функциями делительной автоматики, автоматического повторного включения АПВ, и автоматического ввода резерва АВР. Непосредственно у потребителей устанавливаются понижающие трансформаторные подстанции ТП-10/0,4 кВ.

Приведенная схема отличается надёжностью, возможностью дистанционного управления, гибкостью алгоритма управления, продолжительным сроком службы (до 50 лет).

Основным недостатком данного варианта является значительные капиталовложения на строительство сетевых объектов.

Вариант 2. Комбинированная СЭС с питанием от МРС и установкой на территории размещения линейных потребителей ТП-10/0,4 кВ. В данной схеме категорийность обеспечивается наличием АИЭ (диспетчерский пункт, преобразователь, водородный топливный элемент, микротурбина).

Сегодня комбинированные СЭС являются наиболее предпочтительными, так как они обладают достаточной надёжностью и гибкостью, и обеспечивают нормальную работу независимо от наличия газа и напряжения сети 6–10 кВ.

Вариант 3. Полностью автономные системы (рис. 1).

Применяются при расположении линейных потребителей в местах без сетевой инфраструктуры. При этом основным источником питания является преобразователь энергии «ОРМАТ», а резервным – дизельная электростанция.

Автономные системы с АИЭ на основе топливного газа, требует существенно меньших капитальных затрат, но зависят от наличия топливного газа и требуется контроль за режимом работы и состоянием оборудования.

В данных автономных системах на линейных объектах нефте- газопроводов применяются в качестве источников ветроэнергетические установки (ВЭУ).

С точки зрения стохастического характера параметров ветрового потока при распределении скорости ветра по закону Вейбулла-Гудрича амплитуды частоты количество и качество вырабатываемой электроэнергии определяется выбором синхронного генератора (СГ). Расчёт основных характеристик ветра (среднегодовая скорость ветра V_0 , удельная мощность $N_{уд}$) в условиях метеостанций РФ показал, широкий диапазон их вариаций: $V_0 = 1,39-7,48$ м/с; $N_{уд} = 0,01-0,565$ кВт/м².

ВЭУ с переменной частотой вращения ветроколеса обладают возможностью преобразования энергии ветра в электрическую с большим коэффициентом использования даже на малых скоростях ветрового потока.

Автоматическое управление электромеханической частью ВЭУ позволяет получать максимальную энергетическую эффективность при стохастическом характере параметров ветра.

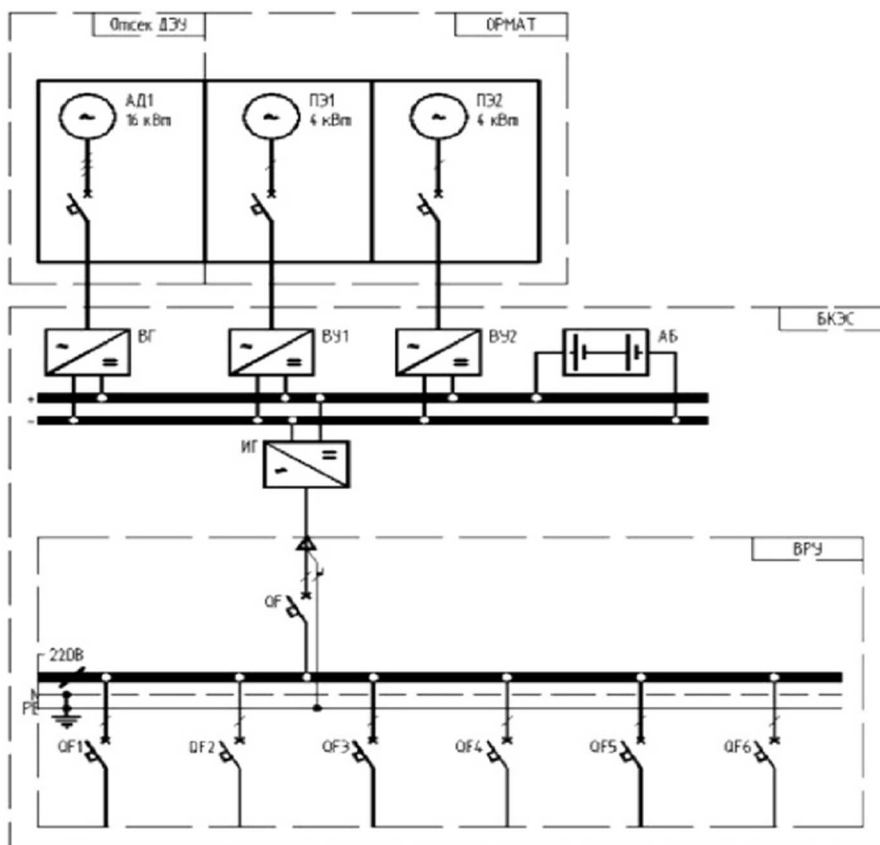


Рисунок 1 – Схема СЭС собственных нужд на базе блочно-контейнерной установки с АИЭ

Рассмотрим систему инвариантного регулирования «синхронный генератор – преобразователь частоты» с законом управления $U / f^2 = const$. Данная система включает в себя датчики измерения внешних возмущений; блок расчёта оптимальной скорости вала генератора; ПИ-регулятор напряжения на выходе ВЭУ; датчик выходного напряжения.

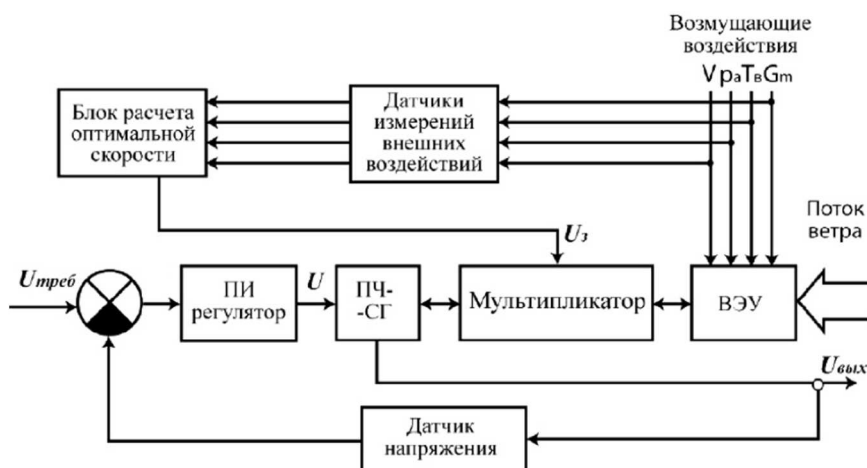


Рисунок 2 – Структурная схема комбинированной системы инвариантного регулирования работой ВЭУ

Управляющее воздействие на преобразователь частоты (ПЧ) или мультипликатор должно определяться по функции, для реализации которой используется база метеорологических данных, обработанная методами планирования эксперимента [7] :

$$U_з = f (V, p_a, T_b, G_m), \tag{1}$$

где p_a – атмосферное давление; T_b – температура воздуха, V – скорость ветра, G_m – характеристика потребления (тепловой и электрической мощности).



Основным недостатком данной модели является необходимость автоматической подстройки частоты вращения СГ для выработки максимальной мощности, которая реализуется установкой ступенчато регулируемого мультипликатора.

Заключение

В ходе проведённого анализа применяемых схем СЭС вдоль трассовых потребителей нефте- и газопроводов следует вывод о целесообразности применения гибридных автономных систем на основе нескольких источников энергии, в том числе с применением ВИЭ в виде энергии ветра, солнца и воды, что позволит повысить надёжность и экономическую эффективность всего технологического цикла добычи, транспортировки и хранения нефти и газа.

Литература:

1. Патент 2639714 (РФ). Ветро-солнечный генератор со сдвоенным ротором / Попов С.А. – БИ, 2017. – № 36.
2. Патент 2629017 (РФ) Гибридная аксиальная электрическая машина-генератор / Попов С.А., Попов М.С. – БИ, 2016. – № 24.
3. Патент 2633377 (РФ). Гибридная электрическая машина-генератор / Попов С.А., Попов М.С., Михед А.И. – БИ, 2016. – № 29.
4. Патент 2643522 (РФ). Гибридный ветро-солнечный генератор / Попов С.А., Попов М.С. – БИ, 2018. – № 4.
5. Альтернативная энергетика на службе у нефтяников / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 324–326.
6. Обоснование применения гибридных ветро-солнечных энергоустановок на основе электромеханических преобразователей / С.А. Попов [и др.] // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы. Материалы I Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей, посвященной 60-летию со дня образования Армавирского механико-технологического института, 2019. – С. 76–79.
7. Попов С.А., Асташов М.А. Разработка математической модели гибридной электрической машины-генератора // Инженерные технологии в сельском и лесном хозяйстве. Материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции, 2020. – С. 74–78.
8. Электромашинный ветро-солнечный преобразователь / С.А. Попов [и др.] // Технические и технологические системы: Материалы десятой международной научной конференции «ТТС-17» (22–24 ноября 2017 года) / ФГБОУ ВО «КубГТУ», КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – С. 78–82.
9. Применение ветрогенераторов с вертикальной и горизонтальной осью в нефтегазовой отрасли / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 185–188.
10. Анализ конструкций ветрогенераторов и перспективы их применения на предприятиях нефтегазовой отрасли / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 321–323.
11. Kryukov O.V., Serebryakov A.V. Energy Efficient Power Supply Systems of Oil and Gas Pipelines Electric Drives // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering, 2017. – Vol. 17. – № 3. – P. 102–110. DOI: 10.14529/power170312.

References:

1. Patent 2639714 (RF). Wind-solar generator with twin rotor / Popov S.A. – BI, 2017. – № 36.
2. Patent 2629017 (RF) Hybrid axial electric machine-generator / Popov S.A., Popov M.S. – BI, 2016. – № 24.
3. Patent 2633377 (RF). Hybrid electric machine-generator / Popov S.A., Popov M.S., Mikhed A.I. – BI, 2016. – № 29.
4. Patent 2643522 (RF). Hybrid wind-solar generator / Popov S.A., Popov M.S. – BI, 2018. – № 4.
5. Alternative power engineering at the oilmen's service / S.A. Popov [et al.] // Bulatov's readings. – 2020. – P. 324–326.
6. Substantiation of application of hybrid wind-solar power installations on the basis of electromechanical converters / S.A. Popov [et al.] // Modern electrotechnical and information complexes and systems. Proceedings of the I International Scientific-Practical Conference of Students, Postgraduates and Teachers, dedicated to the 60th anniversary of the Armavir Mechanical and Technological Institute, 2019. – P. 76–79.
7. Popov S.A., Astashov M.A. Development of mathematical model of hybrid electric machine-generator // Engineering technologies in agriculture and forestry. Proceedings of the All-Russian National Scientific and Practical Conference, 2020. – P. 74–78.
8. Electromachine wind-solar converter / S.A. Popov [et al.] // Technical and Technological Systems: Proceedings of the Tenth International Scientific Conference «TTS-17» (22–24 November 2017) / FGBOU VO «KubGTU», A.K. Serov KVVAUL. – Krasnodar : Publishing House – South, 2017. – P. 78–82.
9. Application of wind turbines with vertical and horizontal axis in oil and gas industry / S.A. Popov [et al.] // Bulatov Readings. – 2020. – P. 185–188.
10. Analysis of wind generators' designs and prospects for their application at the oil and gas industry enterprises / S.A. Popov [et al.] // Bulatov readings. – 2020. – P. 321–323.
11. Kryukov O.V., Serebryakov A.V. Energy Efficient Power Supply Systems of Oil and Gas Pipelines Electric Drives // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering, 2017. – Vol. 17. – № 3. – P. 102–110. DOI: 10.14529/power170312.

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

HUMANITIES



ИСТОРИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

HISTORY OF THE OIL AND GAS INDUSTRY

УДК 66-05:929.737_(430)

ЖИЗНЬ КАРЛА БОША: МЕЖДУ МОЛОТОМ ПОЛИТИКИ А. ГИТЛЕРА И НАКОВАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНТЕРЕСОВ КОНЦЕРНА «И.Г. ФАРБЕНИНДУСТРИ»

THE LIFE OF KARL BOSCH: BETWEEN THE HAMMER OF A. HITLER'S POLITICS AND THE HARD PLACE OF THE CONCERN'S ECONOMIC INTERESTS OF THE CONCERN «I.G. FARBENINDUSTRI»

Касьянова Ирина Владимировнакандидат педагогических наук,
ООО «Эркафарм Краснодар»

Аннотация. В статье вниманию читателей представлена дилемма судьбы выдающегося немецкого инженера и организатора производства Карла Боша. С одной стороны, он создал «производственную машину», успешно работавшую в сфере разработки и синтеза топливно-энергетических материалов, оказавшейся в сфере крайней заинтересованности развития высших политических кругов Третьего Рейха, с другой, – оставался активным антифашистом, сумевшим спасти много евреев в годы нацистского террора, предрекший в 1942 году поражение «бесноватого фюрера» и страшное будущее Германского государства.

Ключевые слова: Карл Бош, топливно-энергетический концерн, химический синтез, антифашизм, спасение евреев от нацизма, «И.Г.Фарбиндустри».

Kasyanova Irina VladimirovnaCandidate of Pedagogical Sciences,
D. in Pedagogy LLC Ercapharm Krasnodar

Annotation. The article brings to the attention of the readers the dilemma of the fate of the outstanding German engineer and production manager Karl Bosch. On the one hand, he created an «economic machine» that successfully worked in the development and synthesis of fuel and energy materials, which turned out to be in the sphere of extreme interest in the development of the highest political circles of the Third Reich, on the other, he remained an active anti-fascist, who managed to save many Jews during the Nazi terror, predicting in 1942 the defeat of the «possessed Fuhrer» and the terrible future of the German state.

Keywords: Karl Bosch, fuel and energy concern, chemical synthesis, anti-fascism, saving Jews from Nazism, «I.G.Farbindustri».

В начале XX века химики Германии вышли на новый уровень развития науки, расширив палитру производства изобретенных ими анилиновых синтетических красителей, синтезировав аммиачные удобрения и внедрив новую для Европы американскую модель организации производства. Развитие химической науки и индустрии Германии было крайне необходимо государству ввиду его бедности природными богатствами, которая сдерживает его развитие без активно проводимой внешнеэкономической политики. В ту пору талантливый молодой металлург Карл Бош смог спроектировать и построить заводы, в которых было возможно получить конечный продукт в высокотемпературных условиях при высоком давлении. Дорогостоящее приобретение нефти, нитратов и железной руды, возможно, лишь в том случае, если внутреннее развитие других отраслей промышленности будет давать стабильно высокий доход. Для этого во все времена существования государства Германии было необходимо активизировать деятельность в области внешней политики. С конца XIX века в умах немецких националистов сложилась гладкая картина Великой Германии, расположенной в центре Европы. Исключительно политические и националистические идеи владели умами германских политиков. Первая Мировая война показала полную несостоятельность расчетов на быструю военную компанию, сознательно проводимую с полным игнорированием факторов собственной промышленной недостаточности. Германия в Первой мировой войне не приняла в расчет даже экономические ресурсы собственной промышленности, которыми располагала, а военные не имели сведений о реальном положении дел в промышленности. Доводы промышленников их не убеждали. Германская военная машина не прислушалась к просчитанным и предложенным к внедрению экономическим предложениям Руководителя управления военно-сырьевых материалов В.фон Ратенау. Сокруши-



тельное поражение Германии в период Первой мировой войны кроме допущенных военных просчетов, было связано также с полной разобщенностью действий военного и промышленного ведомств. Военные не вмешивались в дела промышленности, даже не владели информацией о том, откуда она получает стратегически необходимое сырье и материалы. Поражение в боях под Марне привело к мысли о необходимости производства, работающего в интересах войны. В этот период было осознано и произошло объединение военной элиты, промышленной экономики и научного потенциала Германии. Промышленность Германии встала на путь войны, разработав в недрах лакокрасочной отрасли производственный сектор отравляющих газов, пренебрегая подписанной в 1907 году Гаагской конвенцией, запрещающей применение в целях войны химического оружия.

Эффект применения отравляющих газов был высоким, но первая неожиданность газовых атак была чревата быстрым истощением ресурсов в связи с темпами нарастания неконтролируемых инфляционных процессов в Европе.

В 1916 году Германия в целях восстановления равновесия военного механизма, нарушенного из-за нехватки ресурсов, напала на Румынию, на территории которой располагались нефтепромыслы. Нефтяные скважины, чтобы они не достались врагам, были взорваны, заводы также демонтированы и взорваны. Метод, использованный Румынией, говорил об отчаянии, в аналогичных ситуациях Второй Мировой войны Советский Союз пытался изучать способ консервации нефтяных скважин английских специалистов [1]. На практике методу консервации скважин, разработанному и примененному в Советском Союзе в период Великой Отечественной войны не было мировых аналогов [1; 6].

Химики Германии, в то время имевшие опыт получения различных синтетических веществ, приступили к разработке синтетической нефти [3; 5]. Лабораторные опыты этого периода не могли быть использованы и распространены на большие промышленные предприятия.

Президент США Кулидж вольно или не вольно, способствовал нарастанию волнений во всем мире, создав Федеральный Совет по сохранению запасов нефти. В 1926 году Советом был обнародован доклад с прогнозом шестилетнего потребления нефти, после которого природные запасы истощаются. Это заставило немецкий (к этому времени) концерн возобновить попытки переложить лабораторные опыты по производству нефти на промышленную почву. В то же время американские компании, подхлестываемые прямо указанным в докладе Федерального Совета числом лет отпущенных на потребление нефти, приступили к разработкам синтетической сланцевой нефти.

Сильная научная база концерна «Стандарт ойл» не шла ни в какое сравнение с немецкими научными лабораториями компании «БАСФ». Увиденное в Германской лаборатории, потрясло американцев и заставило Президента американской фирмы сказать: «Я не знал, что такое исследовательская работа, пока не ознакомился с ней здесь. Мы младенцы по сравнению с теми, кто действует тут» [2, с. 80].

«Великая депрессия» внесла коррективы в соглашение о совместной деятельности США и Германского концерна «И.Г. Фарбениндустри», а открытие месторождений нефти в штате Техас переориентировало компании США на получение более легкой прибыли.

Химическому концерну Германии предстояло снова изыскивать средства на свои «синтетические» опыты, и одновременно, бороться с возрастающими в Германии антисемитскими настроениями. Среди руководства компании были евреи, занимавшие активную антигитлеровскую позицию. Кроме того, среди рабочих и служащих компании были, если и не члены самой многочисленной в Европе коммунистической партии, то явно сочувствующие ее идеям. Внешнеполитическая ситуация Германии давала надежду на активное развитие концерна на мировом рынке. Химическая отрасль развивалась в XX веке в быстром отрыве от других отраслей, а интеллект компании созрел для расширения торгово-промышленных отношений.

Двусмысленность положения компании заключалась в том, что сосредоточенный интеллект, который двигал корпорацию вперед, привлекал А. Гитлера, но национальный состав заставлял его негодовать. Пресс-руководитель компании «И.Г. Фарбениндустри» для изменения отношения к себе нацистов, начал проводить политику установления контактов с потенциальной властью в будущем. В деле «примирения» компании «И.Г. Фарбениндустри» и нацистов ведущая роль принадлежит одному из «столпов» мировой геополитической теории – Карлу Хаусхоферу, учеником которого был руководителем пресс-центра концерна.

А. Гитлер встретился с заместителем директора одного из заводов концерна, и, проявив крайнюю заинтересованность, выразил желание сделать Германию независимой в сырьевом отношении страной, и обещал оказать концерну экономическую и политическую поддержку.

Дальнейшие пути концерна «И.Г. Фарбениндустри» и предпринимателя К. Боша, хотя и не сразу, но, по сути, диаметрально разошлись. К. Бош, понимая суть нацистской идеологии А. Гитлера, не мог до конца осознать фанатизм, который владел «бесноватым фюрером».

Карл Бош в беседе с А. Гитлером, тогда еще канцлером Германии, поднял вопрос о работе в его, крупнейшем концерне в Германии, евреев, несмотря на то, что был предупрежден более дальновидными коллегами, не обсуждать этот вопрос [2, с. 92].



Объясняя высокий интеллектуальный потенциал предприятия, так глубоко поразивший американских промышленников, К. Бош заметил, что если евреи – работники концерна покинут свои рабочие места, то Германия ввергнется в заблуждения столетней давности в области физики и химии. А. Гитлер, который до этого был относительно спокоен, с возмущением ответил, что это «всего лишь» значит, что Германия будет сто лет жить без этих наук. А. Гитлер предпочитал больше никогда не встречаться с Карлом Бошем.

Всю остальную жизнь К. Бош провел в противостоянии агрессии «наци» против евреев. Его активная жизненная позиция проявлялась в поступках. Ф. Габер, разработчик химического синтеза нитратов, Лауреат Нобелевской премии, но одновременно автор отравляющих газов, примененных Германией в Первую мировую войну, превратно истолковывая чувство патриотизма, всю жизнь посвятил науке. Он был вынужден покинуть кафедру и, отказавшись от должности профессора, уехать из Германии, которой был глубоко предан. Он был евреем. К этому времени Ф. Габер принял христианство, но и это не могло спасти его в период фашистской диктатуры.

К. Бош проявлял организаторские способности, пытался создать движение сопротивления Лауреатов Нобелевской премии, против антисемитизма, но это уже не могло получиться. Ф. Габер разделил судьбу других евреев, покинувших Германию. И его попытка вернуться была пресечена Германом Шмитцем, убедившим его не возвращаться [2, с. 92].

По смерти Ф. Габера была запрещена траурная церемония, но К. Бош заказал панихиду от имени Института кайзера Вильгельма и пригласил свыше пятиста ученых Германии, представителей интеллигенции и образования. На траурной церемонии был Макс Бланк, выдающийся физик, выступивший с памятной речью. Как гражданин и человек, имеющий убеждения, К. Бош счел долгом организовать помощь евреям, покидавшим пределы Германии. Он тайно переводил «подъемные» деньги для обустройства на новом месте, потому что уезжавшим приходилось все оставлять, да и стоимость налога при выезде была очень высокой. Близкими помощниками Р. Боша стали Карл Гёрдлер и Ханс Вальц. Гёрдлер выполнял официальные поручения К. Боша, в качестве советника, выполнял и неофициальные просьбы, переводя деньги за границу, на обустройство и помощь евреям. Х. Вальц, член партии НСДАП Германии получал списки лиц, которые подготавливались на отправку в концлагерь. Это был «спасительный» список – на следующий день на предприятиях Боша находилась неотложная работа, которую было необходимо выполнить и людей отправляли на работу [8].

В 1940 году К. Бош уехал из Германии в надежде на возможность оздоровления, отдыха от ужасов режима, сильно подрывающего его здоровья, но вскоре вернулся, уже без иллюзий о выздоровлении.

В 60-е годы Х. Вальцу в Израиле была вручена медаль «Праведника народов мира», а К. Бошу она не могла быть вручена. Сторонник либерлизма умер и противник насилия, свято чтущий научный прогресс умер 12 марта 1942 года. Его пророчество о том, что А. Гитлер погубит Германию и его концерн сбылись. Концерн «И.Г. Фарбениндустри» пошел на преступный путь сговора с верхушкой нацистской партии, подтверждая изречение антифашиста Г. Димитрова о том, что фашизм – «это звериный шовинизм» [4, с. 120].

Литература:

1. Байбаков Н.К. Нефтяной фронт. – М. : Газоил пресс, 2006. – 84 с.
2. Боркин Д. Преступление и наказание «И.Г. Фарбениндустри»: Рассказ о зловещем сговоре Адольфа Гитлера и крупнейшим немецким химическим концерном / пер. с англ. М.И. Яновской. – М. : Прогресс, 1982. – 332 с.
3. Гехт Е.В. Нефть в политике Германии (1933–1943) : автореф. дис. ... канд. ист. наук: 07.00.03. – Екатеринбург, 2007. – 22 с.
4. Димитров Г. Наступление фашизма и задачи коммунистического интернационала: Выступление на заседании комиссии по второму пункту порядка дня конгресса 2 июля 1934 года // VII Конгресс Коммунистического интернационала и борьба против фашизма и войны (сборник документов) [Электронный ресурс]. – М. : Издательство политической литературы, 1975. – URL : militera.lib.ru (дата обращения 12.03.2021).
5. Касьянова И.В. Роль нефти, как топливно-энергетического сырья в стратегии войны А. Гитлера против СССР // Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 213–219.
6. Степаненко С.Г. Северный Кавказ в оккупационных планах руководства фашистской Германии // Кубанские исторические чтения: материалы Второй всероссийской с международным участием научно-практической конференции (г. Краснодар, 26 мая, 2011 год). – Краснодар : Издательство ФГБУ «Российское энергетическое общество», 2011. – С. 67–75.
7. Стрелков А.В. Социально-экономическая сущность фашизма // Информационное общество: пределы и риски: прошлое, настоящее, будущее: сборник материалов. – М. : Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, 2020. – С. 22–30.
8. Ступников А., Шуман Е. Немецкий «миллионщик» против красных и коричневых [Электронный ресурс] // Deutsche Welle. – URL : <https://www.dw.com/ru/немецкий-миллионщик-против-красных-и-коричневых/a-15390631>. (дата обращения 21.03.2021).

**References:**

1. Baibakov N.K. Oil front. – M. : Gasoil press, 2006. – 84 p.
2. Borkin D. Crime and Punishment of «I.G. Farbindustri»: Story of the sinister conspiracy of Adolf Hitler and the largest German chemical concern / translated from English by M.I. Yanovskaya. – M. : Progress, 1982. – 332 p.
3. Gecht E.V. Oil in German politics (1933–1943) : Autoref. Diss. Candidate of Historical Sciences: 07.00.03. – Ekaterinburg, 2007. – 22 p.
4. Fascism and Tasks of the Communist International: a speech at the committee meeting on the second point of the Congress Agenda on July 2, 1934 // VII Congress of the Communist International and the struggle against fascism and war (collection of documents) [Electronic resource]. – M. : Publishing House of Political Literature, 1975. – URL : militera.lib.ru (accessed 12.03.2021).
5. Kasianova I.V. The Role of Oil as a Fuel and Energy Source in Hitler's War Strategy against the USSR // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 4. – P. 213–219.
6. Stepanenko S.G. Northern Caucasus in Occupation Plans of Nazi Germany // Kuban Historical Readings: Materials of the Second All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation (Krasnodar, May 26, 2011). – Krasnodar : Publishing House of Russian Energy Society, 2011. – P. 67–75.
7. Strelkov A.V. Socio-Economic Essence of Fascism // Information Society: Limits and Risks: Past, Present and Future: Proceedings. – M. : Publishing Center of Russian State University of Oil and Gas (NRU) named after I.M. Gubkin, 2020. – P. 22–30.
8. Stupnikov A., Schumann E. German «millionaire» against the Reds and Browns [Electronic resource] // Deutsche Welle. – URL : <https://www.dw.com/ru/немецкий-миллионщик-против-красных-и-коричневых/a-15390631>. (accessed 21.03.2021).



ОХРАНА ТРУДА

LABOUR PROTECTION

УДК 331.453

ОХРАНА ТРУДА В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА БУРОВЫХ УСТАНОВКАХ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

LABOR PROTECTION IN THE OIL AND GAS INDUSTRY AT DRILLING RIGS IN THE CONDITIONS OF THE HARD NORTH

Поварова Лариса Валерьевна

кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры химии,
Кубанский государственный технологический университет
larispv08@gmail.com

Самарин Михаил Анатольевич

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

Тараник Роман Алексеевич

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

Аннотация. Охрана труда обеспечивает высокий уровень производства, осуществляет мониторинг за созданием эффективных мер для подготовки и реализации промышленной безопасности и безопасных условий труда, занимается непрерывным повышением профессионального уровня работника, воспитанием чувства ответственности, контролем промышленной безопасности.

Ключевые слова: загазованность воздуха; охрана труда нефтегазовой промышленности; бурение нефтяных скважин; концентрация вредных веществ.

Povarova Larisa Valeryevna

Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor of
Chemistry Department,
Kuban State Technological University
larispv08@gmail.com

Samarin Mikhail Anatolyevich

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

Taranik Roman Alekseevich

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

Annotation. Labor protection ensures a high level of production, monitors the creation of effective procedures for the preparation and implementation of industrial safety, safe working conditions for the employee, is engaged in continuous improvement of the professional level of the employee, fostering a sense of responsibility, and control of industrial safety.

Keywords: gas contamination; labor protection of the oil and gas industry; oil drilling; concentration of harmful substances.

Охрана труда и промышленная безопасность в нефтяной и газовой промышленности имеет ряд специфических особенностей. Это обусловлено пожароопасностью производственных объектов, на которых находятся легко воспламеняющиеся углеводороды. Это вызывает необходимость разработки специальных мер по обеспечению безопасности в тесной связи с противопожарной профилактикой.

Практика бурения нефтяных и газовых скважин потенциально связана с опасностью возникновения газонефтеводопроявлений. В дальнейшем возможен их переход в наиболее опасные, трудно ликвидируемые выбросы, либо аварии с непредсказуемыми экологическими последствиями.

Для нефтегазовой промышленности характерна сложная производственная среда, воздействующая на машины и персонал. Так, вибрации приводят к разрушению узлов и деталей машин, повышенная влажность, перепады температуры, наличие в воздухе различных примесей уменьшают их долговечность и т.д.



Большинство производственных процессов идут на открытом воздухе, часто при неблагоприятных метеорологических условиях, многим технологическим процессам присущи высокие нагрузки. Специфичным является применение громоздкого и тяжелого бурового и эксплуатационного оборудования, которое приходится часто перемещать при монтаже, ремонте, погрузке, выгрузке и перебазировании. Поэтому раздел по безопасности жизнедеятельности, составлен с учётом «Правил безопасности в нефтяной и газовой промышленности». Они разработаны в соответствии с Федеральным законом от 21.07.1997 г. № 116ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Наиболее опасные и вредные производственные факторы, возникающие при бурении, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные опасные и вредные производственные факторы

Вид работ	Опасные производственные факторы	
	Факторы	Источники возникновения
Глубокое бурение на нефть и газ	движущиеся и вращающиеся части оборудования	работающее оборудование
	электрический ток	токопроводные элементы оборудования и нетокопроводные при пробое изоляции
	повышенное давление	оборудование, работающее под давлением, работа на высоте
	Вредные производственные факторы	
	повышенный уровень шума	не полноценная исправность оборудования
	недостаточное освещение рабочих мест	неисправность осветительного оборудования
		не соответствие норм освещённости
	вибрация	неисправность оборудования (т.е. несвоевременная подтяжка оборудования)
	пониженная температура	не соответствие спецодежды или её отсутствие

Для обеспечения безопасных условий труда на буровых установках они оснащаются техническими средствами, позволяющими устранить опасные и трудоёмкие производственные факторы. Рабочий и инженерно-технический персонал обеспечивается необходимой нормативно-технической документацией по безопасности труда. Для обеспечения безопасности работающих на случай пожара, на буровой присутствуют первичные средства пожаротушения и нормативно-техническая документация по пожарной безопасности.

Для создания безопасных условий труда при строительстве скважин необходимо соблюдать требования и мероприятия, соответствующие следующим нормативам:

- нормативам оснащения объектов нефтяной и газовой промышленности механизмами и приборами, повышающими безопасность и технический уровень их эксплуатации;
- единым нормам техники безопасности на разработку основных видов нефтегазодобывающего оборудования;

- правилам безопасности в нефтяной и газовой промышленности.

Руководители работ отвечают за обучение рабочих, в том числе:

- предварительное обучение рабочих при приёме на работу;
- профессиональное обучение и знание ОТ;
- инструктивное обучение: проведение инструктажа (вводного на рабочем месте, периодического, внепланового);
- специальное обучение, включающее получение особых знаний (проведение работ на высоте, электроустановках, сосудах, работающих под давлением, умение преодолевать водные преграды, работать в охранной зоне воздушных, наземных, подземных коммуникаций).

Контроль знаний проводится либо в устной, либо в письменной форме с выставлением оценки.

Обучение и аттестация ИТР проводится не реже 1 раза в 3 года и заканчивается экзаменом. В случае полевых условий – перед выездом на работу.

Санитарно-гигиенические нормы в нефтегазовой промышленности необходимо соблюдать с учётом климатических условий. Поэтому климатические условия труда установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они должны обеспечивать общие и локальные ощущения теплового комфорта в течение рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции. Не вызывать отклонений в состоянии здоровья и создавать предпосылки для высокого уровня работоспособности.

На основании результатов исследования влияния метеорологических условий на рабочих, разработаны санитарные нормы для работы в районе с резко континентальным климатом. Самая низкая температура в январе достигает – 62 °С, самая высокая в июле + 36 °С. Средняя температура в январе – 43 °С, в июле + 25 °С. Осадков выпадает небольшое количество (250–300 мм в год), максимальная высота снежного покрова достигает 700 мм.



В холодный и переходный периоды года при температуре наружного воздуха ниже + 10 °С, температура воздуха в помещениях с незначительными тепловыделениями (20 ккал/м³-ч и менее) допускается в пределах 17–22 °С при лёгкой работе и 13–18 °С – при тяжёлой. В помещениях со значительными тепловыделениями (более 20 ккал/м³-ч) в тот же период года допускается температура 17–24 °С при лёгкой работе, 13–17 °С при тяжёлой работе.

В таблице 2 приведены средства индивидуальной защиты, используемые для работ в районах с резко континентальным климатом.

Таблица 2 – Средства индивидуальной защиты, при пониженных температурах

Профессия	Наименование, а также тип, вид, шифр и т.п.	Срок годности, мес.	Количество на одного человека
п/бур	Брюки х/б на утеплённой подкладке	12	1
п/бур	Валенки	12	1 пара
п/бур	Полушубок	12	1
п/бур	Каска защитная «Труд»	24	1
п/бур	Подшлемник под защитную каску «Труд»	24	1
п/бур	Куртка х/б на утеплённой подкладке	12	1
п/бур	Портянки суконные	3	1 пара
п/бур	Калоши на валенки	12	1 пара

В процессе работ выделяются вредные пары и газы: окислы азота, акролеин, альдегид масляный, окись углерода, масла минеральные, сероводород, углеводороды, формальдегид, ангидрид сернистый. Загрязнения возникают на основных рабочих местах в основном, от газов, выделяющихся при вскрытии продуктивного пласта и при сгорании дизтоплива, либо при приготовлении раствора с использованием мелкодисперсных сыпучих химических реагентов (глина, цемент).

Для контроля за содержанием вышеперечисленных веществ в воздухе проводится отбор проб и сравнение их с ПДК. Отбор проб производится в зоне дыхания. При наличии в воздухе нескольких вредных веществ контроль воздушной среды проводится по наиболее опасным веществам. При взятии проб руководствоваться следующим временем отбора: для токсичных веществ – 15 минут, для веществ фиброгенного действия – 30 минут. Концентрация вредных веществ на основных рабочих местах не должна превышать ПДК. Для защиты от действия вредных веществ используются респираторы.

Для создания необходимого и достаточного уровня освещенности на рабочих местах с целью обеспечения безопасных условий труда необходимо руководствоваться «Отраслевыми нормами проектирования искусственного освещения предприятий нефтяной и газовой промышленности» ВСХ 34-01, а также соблюдать требования СНиП 23.05-95 «Естественное и искусственное освещение», «Инструкции по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий», «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ-00).

Помещения, имеющие естественное освещение днём и искусственное в тёмное время суток:

- буровая вышка (естественное и местное комбинированное);
- насосно-компрессорный блок (боковое естественное и местное искусственное);
- ДВС (боковое естественное и местное искусственное);
- склад химических реагентов (боковое естественное и местное искусственное);
- склад ГСМ (верхнее естественное и общее искусственное);
- помещения в поселке (боковое естественное и общее искусственное).

Для улучшения условий видимости и уменьшения ослепляемости, световые приборы на буровых вышках снабжаются жалюзийными насадками или козырьками, экранирующими источниками света или отражателями от бурильщика или верхнего рабочего.

При устройстве общего освещения для пультов управления источники света необходимо располагать таким образом, чтобы отражение от защитного стекла измерительных приборов блики не попадали в глаза оператора.

На буровой освещение обеспечивается во взрыво- и пожаробезопасном исполнении.

В таблице 3 приведены нормы освещённости.

В процессе бурения работающие подвергаются воздействию повышенного уровня шума и вибрации, следовательно, в соответствии с требованием ГОСТ 12.1.003-01 по ограничению действующих уровней шума и вибрации, буровая установка оснащается коллективными средствами снижения уровня шума и вибрации. Шум и вибрация возникают вследствие работы дизелей и механизмов трансмиссии.



Таблица 3 – Нормы освещённости

Места освещения	Освещённость, лк	Места установки светильников
Рабочие места у бурового станка (ротора, лебёдки)	100	сбоку от механизмов на высоте 2,2–2,5 м
Щиты контрольно-измерительных приборов	150	перед приборами
Полаты, площадка для кронблока	50	над полатами и кронблоками на высоте не менее 2 м
Двигатели, насосы	75	над механизмами на высоте 2,2–2,5 м
Слесарный верстак	80	над верстаком
Лестницы, входы в буровую, приёмный мост	10	

Для уменьшения шума и вибрации необходимо:

- строго соблюдать правила монтажа и крепления оборудования для предотвращения повышенного уровня шума и вибрации;
- регулярно осуществлять профилактические осмотры и плановые ремонты оборудования во избежание возникновения дополнительного шума вследствие повышенного износа деталей и узлов;
- после ремонтов обязательно проводить контроль параметров шума и вибрации, не допускать эксплуатацию неисправного бурового оборудования.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) от вибрации по методу контакта оператора с вибрирующим объектом подразделяют на СИЗ рук, ног и тела оператора. На буровой предусматривается применение следующих СИЗ от вибрации:

- для рук: рукавицы; перчатки; полуперчатки; наладонники;
- для ног: специальная обувь; стельки (вкладыши); наколенники;
- для тела: нагрудники; пояса; специальные костюмы.

Рассмотрим меры по обеспечению электробезопасности производственных процессов.

К основному оборудованию, работающему под напряжением 380/220 В на буровой относятся: дизельные электростанции, распределительные устройства, электрокомпрессоры, электролебёдки, краны, освещение.

Основные причины электротравматизма на геологоразведочных работах:

- использование неисправного оборудования;
- допуск к работе с электрооборудованием лиц, не имеющих на это права (лицо, допускаемое к работе с электрооборудованием, должно иметь IV квалификационную группу по технике безопасности (для электроустановок до 1000 В).

При эксплуатации электрооборудования запрещается:

- обслуживанию электроустановок без применения защитных средств (диэлектрических перчаток, бот, изолирующих подставок);
- управление лебёдками и другим электрооборудованием без диэлектрических перчаток, если рукоятки управления не имеют надёжного изоляционного покрытия;
- эксплуатация стационарного электрооборудования без изолирующих подставок в условиях повышенной влажности и проводимости почвы (пола);
- ремонт электрооборудования, находящегося под напряжением;
- работа электроустановок при неисправном или неправильно выполненном защитном заземлении, а также при неисправной защите от опасных токов утечки;
- держать под напряжением неиспользующиеся электрические сети (за исключением резервных).

Получение электротравм возможно при работе с электрооборудованием в сырую погоду без средств защиты (диэлектрических перчаток, резиновых ковриков и т.д.), также в помещении буровой при работе с электрораспределительными устройствами и линиями освещения. Безопасность работ может быть обеспечена только при применении специальных средств и методов защиты (защитное заземление; защитное отключение; изоляция токоведущих частей; знаки безопасности, средства защиты).

Безопасность обслуживающего персонала обеспечивается путём применения следующих методов и способов защиты: диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками, указатели напряжения; дополнительные защитные средства (применяются в электроустановках напряжением до 1000 В): диэлектрические галоши, резиновые коврики, изолирующие подставки.

Для обеспечения безопасности производственного оборудования, технических устройств и инструмента используется целый комплекс мероприятий:

- управление буровой лебёдкой осуществляться с пульта будильника, пуск буровых насосов в работу производится с местного поста управления, а регулирование их работы и остановка – с пульта бурильщика и местного поста управления;
- работы на приёмном мосту буровой установки по затаскиванию и выбросу труб, а также работы по обслуживанию (замене) гидравлических блоков буровых насосов механизмируются, а управление грузоподъёмными механизмами для работы на приёмном мосту – является дистанционным;



– конструкция вспомогательной лебёдки проектируется таким образом, чтобы обеспечивать плавное перемещение и надежное удержание груза на весу. С пульта управления лебёдкой оператору обеспечивается обзор места работы и перемещение груза;

Буровая установка укомплектовывается:

- ограничителем высоты подъёма талевого блока;
- ограничителем допускаемой нагрузки на крюке;
- блокирующими устройствами по отключению привода буровых насосов при превышении давления в нагнетательном трубопроводе на 10-15 % выше максимального рабочего давления насосов для соответствующей цилиндрической втулки;
- приёмным мостом с горизонтальным участком длиной не менее 14 м, шириной – не менее 2 м и стеллажами. Запрещается укладка труб на стеллажах в штабели высотой более 1,25 м;
- устройством для осушки воздуха, подаваемого в пневмосистему управления буровой установки;
- успокоителем ходового конца талевого каната;
- системами обогрева рабочих мест;
- блокирующими устройствами по предупреждению включения ротора при снятых ограждениях и поднятых клиньях ПКР;
- системой запасных и приёмных емкостей, оборудованных уровнемерами и автоматической сигнализацией уровня жидкости в них;
- градуированной мерной ёмкостью для контролируемого долива скважины, оснащенной уровнемером.

Конструкция основания буровой вышки предусматривает возможность:

- монтажа превенторной установки на устье скважины и демонтажа основания при установленной фонтанной арматуре или части её;
- установки стола ротора на уровне пола буровой, а также рационального размещения (средств автоматизации, механизации и пультов управления; обогреваемого подсвечника со стоком раствора; воздухо-, масло-, топливопроводов и средств системы обогрева; механизма крепления неподвижной ветви талевой системы и др.).

Вышка оборудуется площадками для обслуживания кронблока и замены бурового шланга. При ручной расстановке свечей вышки оборудуются площадкой верхового рабочего с устройством для его эвакуации в случае возникновения аварийной ситуации. Устройство располагается за пределами вышки и обеспечивает эвакуацию верхового рабочего за пределы внутривышечного пространства.

Вышка оснащается лестницами-стремянками с устройствами инерционного или другого типа, для безопасного подъёма и спуска верхового рабочего, или лестницами тоннельного типа с переходными площадками через каждые 6 м, или маршевыми лестницами до рабочей площадки верхового рабочего (балкона) с переходными площадками через каждые 6 м, а выше – лестницей тоннельного типа или лестницей-стремянкой с устройством для безопасного подъёма и спуска. Вышки для мобильных установок оборудуются лестницами тоннельного типа без переходных площадок.

На буровых насосах устанавливаются компенсаторы давления, заполняемые воздухом или инертным газом, с приспособлениями для контроля давления в компенсаторах.

Буровые насосы надежно крепятся к фундаментам или к основанию насосного блока, а нагнетательный трубопровод – к блочным основаниям и промежуточным стойкам. Повороты трубопроводов выполняются плавно или делаются прямоугольными с отбойными элементами для предотвращения эрозионного износа. Конструкция крепления элементов нагнетательного трубопровода (стояка и т.п.) к металлоконструкциям предусматривает возможность центровки талевой системы по отношению к оси скважины. На соединении фланцев нагнетательного трубопровода устанавливаются съёмные металлические хомуты.

Управление исполнительными механизмами и приводом силового блока осуществляется с пульта управления, расположенного компактно с пультами управления другим оборудованием буровой установки (лебёдкой, автоматическим ключом и др.). Грузоподъёмность верхнего привода предусматривается в соответствии с грузоподъёмностью буровой установки.

Остановился на способах обеспечения пожарной безопасности.

Здания и помещения по пожарной опасности по НПБ 105-95 относятся к категории взрывопожароопасных «А».

Оборудование буровой, территории вокруг буровой и работы связанные с бурением проектируются согласно ССБТ «Установки, геологоразведочные буровые», «Требования пожарной безопасности» ОСТ-41-01-244-01. Буровая оборудуется всеми противопожарными средствами в соответствии с требованиями «Правил пожарной безопасности для геологоразведочных организаций и предприятий».

Правилами предусматривается:

- назначение на буровой ответственного лица за пожарную безопасность;
- прохождение вновь принимаемым на работу противопожарных инструктажей;
- молниезащита.



Вокруг буровой установки в радиусе 50 м выкашивается трава, а территория очищается от ваlejника и листьев.

Территория склада ГСМ очищается от сухой травы, пней и сучьев, окружается земляной обваловкой согласно требований. На видном месте устанавливается чёткая надпись «ОГНЕОПАСНО». Цистерны заземляются и окрашиваются в белый цвет.

В таблице 4 приведены нормы пожарной безопасности буровых установок.

Таблица 4 – Нормы пожарной безопасности буровых установок

Наименование параметров	Нормы
Территория очищенная вокруг буровой в радиусе не менее, м	50
Расстояние от буровой установки до (м, не менее):	
– мест хранения топлива (дров, угля)	8
– мест хранения ГСМ	50
– площади разведения огня	15
Зазор между трубами и горючими конструкциями здания буровой, м (не менее)	0,15
Размер отверстий в металлической сетке искрогасителя, мм (не более)	5,5
Количество выходов из буровой, не менее	2
Емкость пожарного ящика для песка, м ³ (не менее)	0,2
Ширина окантовки пожарного щита красной краской, м	0,02-0,05

На территории буровой проектируется необходимое количество единиц пожарной техники (табл. 5).

Таблица 5 – Количество пожарной техники на буровой установке

Наименование пожарной техники	Количество, шт.
Химические огнетушители (пенные) ОП-10	4
Химические огнетушители (углекислотные) ОУ-3, ОУ-5	2
Ящик с песком V = 0,2 м ³	2
Ведра пожарные	6
Войлок-асбестовое полотно S = 4 м ²	1
Комплект пожарного оборудования (топор, багор, лом, лопата)	3

На буровой установке запрещается:

- курить, применять факел и другие источники открытого огня для освещения и других нужд;
- отогревать замёрзшие трубопроводы и оборудование, а также разогревать в зимнее время ёмкости с буровым раствором при помощи открытого огня (только паром или горячей водой).

В местах возможного скопления и выделения паров углеводородов устанавливается контроль за воздушной средой с помощью стандартных или переносных газоанализаторов.

Для создания естественной вентиляции рекомендуется предусмотреть на обшивках рабочей площади и насосного сарая буровой открывающиеся окна, фрамуги и т.п.

При монтаже буровой установки следует предусмотреть достаточную естественную вентиляцию под полом буровой с целью уменьшения скопления паров углеводородов.

Рассмотрим мероприятия по предупреждению загрязнения почвы.

Почвы и растительность за пределами площадки проектирования и трассы газопровода являются наиболее уязвимыми объектами воздействия, в связи с чем основные защитные мероприятия состоят в исключении нарушения почвенно-растительного покрова за пределами отведенных под расширение и строительство участков.

Основные объёмы работ по охране почвенно-растительного слоя и водных объектов:

- устройство заградительного обвалования аварийных резервуаров на площадке УСН и постоянного поддержания его в исправном состоянии;
- устройство металлических переходных мостиков через обваловку;
- планировка площадки для отвода поверхностного стока в водоотводную канаву глубиной 0,7 м;
- вывод поверхностных вод за пределы площадки через водоотводные устройства в виде поперечной дрены, заполненной галечником и водоотводной трубы диаметром 530 мм, расположенных с южной стороны от проектируемых сооружений;
- планировка площадок под резервуары и другие сооружения.

Кроме того, необходимо проведение рекультивации нарушенных земель. Основная цель рекультивации – приведение нарушенных земель в изначальное состояние.

Рекультивация проводится в 2 этапа. Первый этап – техническая рекультивация. Она осуществляется на отведённых под строительство землях генеральной подрядной организацией после



завершения строительно-монтажных работ и включает уборку строительного мусора на полосе отвода; планировку площадок строительства. Второй этап – биологическая рекультивация.

После завершения технического этапа, нарушенные земли передаются землепользователям для проведения биологической рекультивации, финансируемой из средств заказчика.

Биологическая рекультивация проводится с целью закрепления нарушенного поверхностного слоя земли и предотвращения эрозии почвы.

Биологическая рекультивация включает следующие работы: рыхление почвы; посев травосемян; посадка саженцев деревьев (на следующий год после высева травосемян).

Техническую рекультивацию необходимо проводить сразу после строительства газопровода, а биологическую – в благоприятный вегетативный период.

Таким образом, охрана труда в нефтегазовой промышленности в условиях крайнего севера, призвана обеспечить высокий уровень производства. Она направлена на создание эффективных мер для подготовки и реализации промышленной безопасности, безопасных условий труда и повышение профессионального уровня работников.

Литература:

1. Алиев В.К., Савенок О.В., Сиротин Д.Г. Экологическая безопасность при разработке северных нефтегазовых месторождений. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 128 с.
2. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для студентов вузов / А.И. Булатов [и др.]. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
3. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
4. Арифжанова М., Аюпова М., Усманова Г. Некоторые аспекты оценки состояния экологической безопасности нефтегазовых объектов // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 4. – С. 95–96.
5. Григулецкий В.Г. Влияние качества крепления нефтяных (и / или газовых) скважин на экологическую опасность (и / или безопасность) и новая методика оценки качества цементирования обсадных (и / или эксплуатационных) колонн при бурении скважин // Экологический вестник России. – 2016. – № 7. – С. 12–17.
6. Валиева А.Р., Ибраимова А.А., Камалова Д.М. Разработка мероприятий по снижению пожаров и взрывов на объектах нефтегазового комплекса // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 5. – С. 40–42.
7. Кусов Г.В., Поварова Л.В. Экологическая экспертиза, экологическое аудирование и оценка воздействия на окружающую среду // Наука и технологии в нефтегазовом деле: сборник тезисов докладов II Международной научно-практической конференции (31 января–01 февраля 2020 года, г. Армавир). Секция 5 «Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе». – Краснодар : ФГБОУ ВО «КубГУ», 2020. – С. 338–342.
8. Поварова Л.В. Экологические риски, связанные с эксплуатацией нефтяных месторождений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 2. – С. 112–122.
9. Поварова Л.В., Кусов Г.В. Нормативно-техническое регулирование экологической безопасности в нефтегазовой отрасли // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 4. – С. 195–216.
10. Поварова Л.В. Анализ применения биотехнологий для очистки различных загрязнений окружающей среды // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 190–206.
11. Поварова Л.В. Анализ экологических проблем современности и пути их решения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 3. – С. 120–142.
12. Поварова Л.В. Определение оптимальных способов обезвреживания и утилизации буровых шламов // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 5. – С. 218–226.
13. Поварова Л.В. Развитие и становление научной парадигмы «экология» в нефтегазовом комплексе // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 5. – С. 227–234.
14. Поварова Л.В. Анализ технологий утилизации экологически опасных буровых отходов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 233–247.
15. Савенок О.В., Поварова Л.В., Березовский Д.А. Перспективы использования физико-химического и математического моделирования для разработки высокоэффективной комплексной технологии очистки и подготовки пластовых вод // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23. – № 3. – С. 66–71.
16. Талипова Н.З., Жуманова С.Г., Нигматов И. Культура безопасности – важный аргумент для современного стиля жизни населения планеты // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 4. – С. 224–226.

References:

1. Aliev V.K., Savenok O.V., Sirotin D.G. Environmental safety in the development of northern oil and gas fields. – M. : Infra-Engineering, 2019. – 128 p.
2. Ecology in the construction of oil and gas wells: textbook for university students / A.I. Bulatov [et al.]. – Krasnodar : LLC «Prosveshchenie – Yug», 2011. – 603 p.
3. Environmental aspects in the construction of oil and gas wells: monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M. ; Volgda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
4. Arifzhanova M., Ayupova M., Usmanova G. Some aspects of assessing the state of environmental safety of oil and gas facilities // Bulatov readings. – 2017. – Vol. 4. – P. 95–96.
5. Griguletsky V.G. Influence of quality of oil (and / or gas) well casing on environmental hazard (and / or safety) and a new methodology for assessing the quality of cementing casing (and / or operating) strings during drilling wells // Environmental Bulletin of Russia. – 2016. – № 7. – P. 12–17.



6. Valieva A.R., Ibraimova A.A., Kamalova D.M. Development of measures to reduce fires and explosions at oil and gas facilities // *Bulatov readings*. – 2020. – Vol. 5. – P. 40–42.
7. Kusov G.V., Povarova L.V. Environmental expertise, environmental auditing and environmental impact assessment // *Science and Technology in Oil and Gas Business: collected abstracts of II International Scientific-Practical Conference (January 31–February 01, 2020, Armavir)*. Section 5 «Environmental protection in oil and gas complex». – Krasnodar : FGBOU VO «KubGTU», 2020. – P. 338–342.
8. Povarova L.V. Environmental risks associated with the operation of oil fields // *Science. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin)*. – 2018. – № 2. – P. 112–122.
9. Povarova L.V., Kusov G.V. Regulatory and technical regulation of environmental safety in the oil and gas industry // *Science. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin)*. – 2018. – № 4. – P. 195–216.
10. Povarova L.V. Analysis of the application of biotechnology for cleaning various environmental pollutants // *Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin)*. – 2019. – № 1. – P. 190–206.
11. Povarova L.V. Analysis of environmental problems of our time and ways to solve them // *Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin)*. – 2019. – № 3. – P. 120–142.
12. Povarova L.V. Determination of optimal methods of deactivation and utilization of drilling cuttings // *Bulatov Readings*. – 2020. – Vol. 5. – P. 218–226.
13. Povarova L.V. Development and formation of scientific paradigm «ecology» in oil and gas complex // *Bulatov Readings*. – 2020. – Vol. 5. – P. 227–234.
14. Povarova L.V. Analysis of technologies of disposal of environmentally hazardous drilling waste // *Nauka. Technica. Tekhnika (Polytechnic Bulletin)*. – 2020. – № 2. – P. 233–247.
15. Savenok O.V., Povarova L.V., Berezovsky D.A. Prospects for the use of physical and chemical and mathematical modeling for the development of highly efficient complex technology of treatment and preparation of formation waters // *Ecology and Industry of Russia*. – 2019. – Vol. 23. – № 3. – P. 66–71.
16. Talipova N.Z., Zhumanova S.G., Nigmatov I. Safety culture – an important argument for the modern lifestyle of the planet's population // *Bulatov readings*. – 2017. – Vol. 4. – P. 224–226.



УДК 623

НОСИМЫЙ АВАРИЙНЫЙ ЗАПАС, КАК СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЁТНОГО СОСТАВА

WEARABLE EMERGENCY STOCK, AS A MEANS OF ENSURING THE SAFETY OF FLIGHT PERSONNEL

Энговатова Валентина Витальевна

кандидат технических наук, доцент,
старший преподаватель
кафедры 104 физики и электротехники,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков

Масляева Галина Николаевна

кандидат педагогических наук, доцент,
заведующий кафедры 104 физики и электротехники,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков

Дейкун Геннадий Иванович

доцент кафедры 104 физики и электротехники,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков

Морозов Владимир Васильевич

преподаватель кафедры 104 физики и электротехники,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков

Аннотация. В статье проведен анализ аварийных ситуаций, поведения лётчика при этом и обеспечения безопасности полётов лётным составом. Приведены средства, обеспечивающие безопасность лётчика в экстремальной ситуации. Перечислены основные виды носимого аварийного запаса (НАЗа), места их нахождения, а также основная комплектация НАЗа, используемого при чрезвычайной ситуации при проведении полётов.

Ключевые слова: носимый аварийный запас, НАЗ, элементы выживания, экстремальная ситуация, безопасность лётчика.

EngovatovaValentinaVitalievna

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Senior Lecturer of the Department of
Electrical Physics and Electrical Engineering,
Krasnodar Higher Military
Aviation School of Pilots

Maslyaeva Galina Nikolaevna

Candidate of Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
Head of the Department of Electrical
Physics and Electrical Engineering,
Krasnodar Higher Military
Aviation School of Pilots

Deikun Gennady Ivanovich

Associate Professor of the Department of
Electrical Physics and Electrical Engineering,
Krasnodar Higher Military
Aviation School of Pilots

Morozov Vladimir Vasilyevich

Teacher of the Department of Electrical
Physics and Electrical Engineering,
Krasnodar Higher Military
Aviation School of Pilots

Annotation. The article analyzes emergency situations, the behavior of the pilot at the same time and ensuring the safety of flights by flight personnel. The means to ensure the safety of the pilot in an extreme situation are given. The main types of wearable emergency reserve (NAZa), their locations, as well as the main equipment of the NAZa used in an emergency situation are listed.

Keywords: emergency stock is NAZ, the elements of survival, extreme situation, the safety of the pilot.

Молодые лётчики, получив высшее инженерно-техническое образование, придут в войска для прохождения своей воинской службы в разных уголках нашей страны и не только. Надеемся, что знания, полученные в военном образовательном учреждении, задатки, данные природой, смогут помочь им осуществить свою мечту и стать достойными защитниками рубежей нашей Родины.





При этом, хотелось бы предостеречь их от некоторого избыточного самомнения и высокомерия, а также от поверхностного отношения к безопасности жизни.

В настоящее время, как известно, безопасность лётчика обеспечивает катапультная установка, но при этом необходимо обладать профессиональными знаниями и умением, интеллектом, чтобы адекватно оценить саму обстановку и принять правильное решение в непредвиденной, внезапно возникшей ситуации.

Во многих случаях, после изучения и анализа случившейся аварии, мы слышим о так называемом, «человеческом факторе».

Чтобы этого избежать, необходимы знания, самоподготовка и самообразование.

Как определить, что такое «аварийная ситуация»?

Аварийная ситуация есть комплексное внезапное воздействие на человека, вызывающее два уровня ответных реакций:

1) приспособительно-защитные реакции;

2) сложные интеллектуальные действия, связанные с оценкой обстановки, формированием стратегии поведения и с обеспечением процесса распределения внимания между контролем за текущим состоянием управляемого объекта и за выработкой новой незапланированной схемы действий [1, с. 124].

Известно, что военные самолёты оборудованы катапультируемыми устройствами, на случай возникновения экстренной ситуации и угрозы жизни лётчика. Такая ситуация может возникнуть не только над территорией нашей страны, но и над территорией, где находятся враждебные формирования. В этом случае лётчику необходимо выживать в экстремальной ситуации и незнакомой обстановке.

Чтобы обеспечить безопасность жизни и здоровья лётчика, предусмотрен носимый аварийный запас (НАЗ), который находится в катапультируемом кресле и катапультируется вместе с ним.



Рисунок 1 – Катапультирование лётчика с носимым аварийным запасом

К основным отечественным НАЗам относятся – НАЗ-7 (МиГ-21, МиГ-23, МиГ-25, МиГ-27); НАЗ-8 (МиГ-29, Су-27, Су-24, Су-25, МиГ-31); НАЗ-7М (те же, что и в НАЗ-8, но более поздних модификаций).



НАЗ-7



НАЗ-8



Рисунок 3 – Внутренняя упаковка продуктового запаса и лагерного снаряжения НАЗ-8

Рисунок 2 – Носимый аварийный запас



В носимый аварийный запас входят:

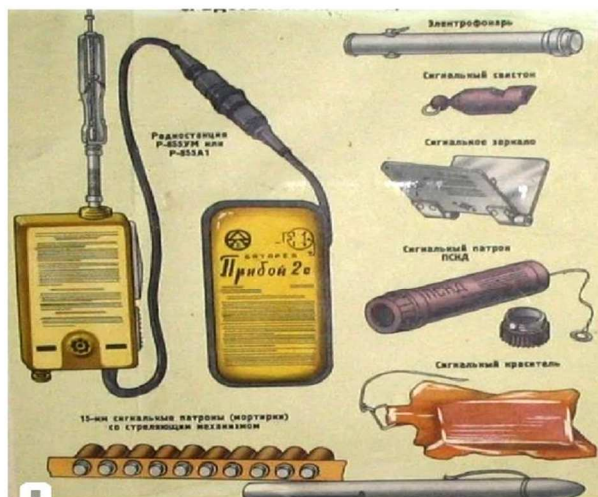


Рисунок 4 – Средства сигнализации и связи



Рисунок 5 – Аварийный запас пищи и воды



Рисунок 6 – Аварийная медицинская аптечка



Рисунок 7 – Лагерное снаряжение

К средствам сигнализации и связи относятся: радиостанция Р-855УМ, оснащенная батареей «Прибой» («Прибой – 2с»).

Чтобы подать сигнал тревоги на воде используют сигнальные красители, также входящие в НАЗ (рис. 8).

Также имеются – фонарик электрический, свисток, зеркало сигнальное, патрон сигнальный ночной / дневной (ПСНД), 15-ти миллиметровые сигнальные патроны со стреляющим механизмом.



Рисунок 8 – Сигнальный краситель (уранин)



Рисунок 9 – Приспособление для отстрела 15-ти мм сигнальных патронов из авиационного НАЗа

Кроме этого, в состав средств сигнализации входит малая лодка аварийная спасательная (рис. 10) и автоматический радиомаяк «Комар-2М» (рис. 11).



Рисунок 10 – МЛАС-1



Рисунок 11 – Комар-2М

Аварийный запас пищи и воды содержит: мясные консервы, сахар-рафинад, соль, карамель леденцов, 120 г, бачки с водой (1,9 л, 0,6 л), а также консервооткрыватель.

В НАЗе, в обязательном порядке, находится медицинская аптечка. Её содержание это – бинт, йод, лейкопластырь бактерицидный, средство от комаров, пантоцид, перкофен, левомицетин, сульфадемезин, кофеин, аэрон, промедол, упаковка-сковородка.

В экстренных случаях особенно может пригодиться лагерное снаряжение, а именно: запас патронов к пистолету; нож-мачете; нож-пила; спички ветроустойчивые; сухое горючее; очки-светофильтры; полиэтиленовая фляга для воды (с чехлом); компас; шерстяная шапка; сетка-накомарник, а также, рыболовная снасть в упаковке (леска, крючки, блесны, поводки, искусственные приманки).

При использования НАЗа в боевой обстановке, его комплектация может отличаться от приведённой.

НАЗ лётчика кроме вышеперечисленных средств выживания включает и оружие: автомат АКС-74У калибра 5,45 мм с патронами и гранаты. Также при совершении боевого вылета лётчик имеет при себе личное оружие: пистолет Макарова или Стечкина.

АКС-74У находится на вооружении с 1979 года и в основном соответствует всем требованиям стрелкового оружия, используемого для самозащиты, однако современные разработки и технологии дают возможность минимизировать массово-габаритные характеристики оружия, улучшить балансировку при стрельбе, снизить силу отдачи.

В условиях катапультирования лётчик может травмироваться, получить ранение и данные преимущества могут стать решающими при использовании стрелкового оружия.

Из современных образцов стрелкового оружия наиболее подходящей заменой может стать пистолет-пулемёт ПП-2000, разработанный в Тульском конструкторском бюро в 2000 году.



Рисунок 12 – АКС-74У



Рисунок 13 – Пистолет-пулемёт ПП-2000

Опыт боевых действий в Афганистане, Сирии и других локальных военных конфликтах показывает, что оружие лётчику после катапультирования чаще всего требуется для самообороны в ближнем бою и практически не приходилось использовать его на больших дистанциях.

Сравним основные тактико-технические характеристики АКС-74У и ПП-2000.

Таблица 1 – Тактико-технические характеристики АКС-74У и ПП-2000

№п/п	ТТХ	АКС-74У	ПП-2000
1	Вес без патронов, кг	2,71	1,4 (+приклад 0,26)
2	Длина (без прикл/с прикл), мм		
3	Патрон, мм	5,45 × 39	9 × 19
4	Ёмкость магазина, патронов	30	20 или 44
5	Темп стрельбы, выстр/мин	650–735	600–800
6	Скорость пули, м/с	735	450
7	Эффективная дальность стрельбы, м	300	100



Сравнивая ТТХ, мы видим, что для ведения оборонительного ближнего боя ПП-2000 будет предпочтительнее, так как он только в скорости пули и, как следствие, в эффективной дальности стрельбы лучше АКС-74У. Однако, если даже не учитывать, что данная характеристика не является для оборонительного боя важной, то возможны модернизация ПП-2000, увеличивающая эффективную дальность. Можно, например, не изменяя геометрических характеристик патрона улучшить характеристики порохового заряда, применить бронебойную пулю и др.



Рисунок 14 – Бронебойная пуля

Использование 9-мм патронов с бронебойной пулей значительно расширяют возможности автомата ПП-2000, увеличивается как пробивное, так и останавливающее действие. По результатам испытаний бронебойная пуля пробивает до 8 мм стали на расстоянии 15 м, 5 мм – на 50 м, 3 мм – на 90 м. Это позволяют стрелку уверенно поражать живую силу противника, имеющего бронежилеты и каски или располагающуюся за легкими укрытиями, внутри автомобилей и т.п.

К важным преимуществам ПП-2000 можно также отнести:

- улучшенную эргономику;
- низкую отдачу и хорошую балансировку, которая позволяет стрелять с одной руки без упора в плечо, как из пистолета;
- дополнительную обойму на 44 патрона, устанавливаемую вместо приклада, то есть в случае необходимости её не надо будет искать (всегда под рукой);
- кнопку магазина и рукоятку затвора, переставляющуюся под «левшу» и «правшу»;
- имеющуюся массивную спусковую скобу, позволяющую вести огонь в толстых перчатках;
- применённые универсальные направляющие планки типа «Пикатинни», на которые можно устанавливать оптический прицел, прибор ночного видения, фонарь, лазер и др.;
- возможность использования прибора для малошумной и беспламенной стрельбы;
- использование патрона 9 x 19 мм Парабеллум, который является наиболее универсальным в мировом производстве и применении.

Таким образом анализируя преимущества и недостатки АКС-74У и ПП-2000 можно уверенно сделать вывод о том, что предлагаемая замена стрелкового оружия в НАЗ лётчика целесообразна.

Кроме того появляется возможность использовать выигрыш в массово-габаритных характеристиках для доукомплектования НАЗ дополнительными принадлежностями или продуктами.

С целью нормализации функционирования нервной системы после стресса рекомендуется полностью исключить пищевые продукты, возбуждающие нервную систему человека (острая и жареная пища, алкоголь, кофе), ограничить количество поваренной соли, жиров и углеводов, а количество продуктов, насыщенных фосфорными солями, необходимо увеличить [4, с. 63].

Однако, успех выживания лётчика в сложившейся экстремальной ситуации, во многом будет зависеть от его умения действовать в этой ситуации, использовать имеющееся снаряжение, а также от психической устойчивости к стрессовым ситуациям и физической подготовки.

Литература:

1. Пономаренко В.А. Психология человеческого фактора в опасной профессии. – Красноярск : «Поликом». – 2006. – 629 с.
2. Энциклопедия военной авиации. – URL : https://vk.com/military_avia
3. Военное обозрение. – URL : <https://topwar.ru>
4. Организация питания населения в условиях чрезвычайных ситуаций / А.В. Барбашов [и др.] // Известия вузов; «Пищевая технология». – 2015. – № 4. – С. 63–66.

References:

1. Ponomarenko V.A. Psychology of the human factor in a dangerous profession. – Krasnoyarsk : «Polikom». – 2006. – 629 p.
2. Encyclopedia of military aviation. – URL : https://vk.com/military_avia
3. Military review. – URL : <https://topwar.ru>
4. Organization of population nutrition in emergency situations / A.V. Barbashov [et al] // Izvestiya vuzov; «Food Technology». – 2015. – № 4. – P. 63–66.



ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

PEDAGOGICAL SCIENCES

УДК 378.1

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ
ВЫСШЕГО НЕФТЕГАЗОВОГО ОБРАЗОВАНИЯDESIRABILITY IN THE CHANGE OF STRUCTURE OF
HIGHER OIL AND GAS EDUCATION**Балаба Владимир Иванович**

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры бурения нефтяных и газовых скважин,
Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет)
имени И.М. Губкина
balaba.v@gubkin.ru

Balaba Vladimir Ivanovich

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor of Department of Oil and
Gas Wells Drilling,
National University of Oil and Gas
«Gubkin University»
balaba.v@gubkin.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы профессиональной подготовки компетентов нефтегазового дела. Показано, что система высшего образования нерациональна с точки зрения продолжительности обучения. Обоснована необходимость последовательного приобретения квалификаций: бакалавриат, специалитет и магистратура.

Annotation. This article reviews questions concerning professional training of oil and gas business competence. It shows that the system of higher education is irrational in terms of training duration. The necessity of consistent acquisition of qualifications has been substantiated: first comes bachelor's degree, followed by specialty and then master's degrees.

Ключевые слова: высшее нефтегазовое образование, профессиональные компетенции, программы обучения.

Keywords: higher oil and gas education, professional competencies, training programs.

Актуальная система высшего нефтегазового образования (ВНГО) является трехуровневой: бакалавриат, специалитет и магистратура, подготовка кадров высшей квалификации (в данной статье не рассматривается). Кроме того, существуют программы дополнительного профессионального образования [1, 2]. Уровни образования согласно соответствующим федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования (ФГОС ВО) отличаются квалификацией компетентов – уровнем знаний, умений, навыков и компетенций, характеризующих их подготовленность к выполнению определенного вида профессиональной деятельности. Разветвленная многоуровневая система нефтегазового образования соответствует современной парадигме «образование через всю жизнь», проистекающей из потребностей современной экономики [3].

Начальным уровнем ВНГО как по содержанию подготовки, так и по количеству выпускников, является бакалавриат. Его образовательная программа рассчитана на 4 года (240 зачетных единиц), а областью профессиональной деятельности выпускников является добыча, переработка, транспортировка нефти и газа.

Вторым уровнем ВНГО являются специалитет (срок обучения 5,5 лет, 330 зачетных единиц) и магистратура (срок обучения 2 года, 120 зачетных единиц). Однако способ поступления на обучение по этим программам разный: для обучения в специалитете и бакалавриате достаточно иметь среднее общее образование, поступить же в магистратуру можно только, имея диплом бакалавра или специалиста. Поэтому реальная продолжительность обучения для получения квалификации магистра составляет 6 и 7,5 лет (360 и 450 зачетных единиц). В связи с этим объединение специалитета и магистратуры в одном уровне образования является формальным. Логично предположить, что увеличение объема образовательной программы должно обуславливать и более высокую квалификацию ее выпускников. В настоящее время этого нет, так как согласно Приказу Минтруда России от 12.04.2013 № 148н «Об утверждении уровней квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов» 6 уровень квалификации достигается путем обучения в бакалавриате, а 7 – в специалитете и магистратуре 7. Соответственно и ФГОС ВО предусматривают градацию компетентов нефтегазового дела лишь на уровне компетенций, а на уровне сфер их будущей деятельности эти различия практически не различимы. Между тем компетентов и их работодателей интересует, прежде всего, реальная квалификация, а не призрачные компетенции, которыми по мнению вуза овладел выпускник в результате обучения. Собственно, субъективность самооценки вузом



своей «продукции» и вынудила работодателей инициировать создание системы независимой оценки квалификации. В этой системе первичными являются требования профессиональных стандартов, потому логично предположить, что сферы деятельности компетентов нефтегазового дела в ФГОС ВО должны быть сформулированы в тех же терминах и категориях [4]. Однако такой согласованности, как следует из анализа профессиональных стандартов и ФГОС ВО, нет. Так, в соответствии с требованиями к 6 уровню квалификации сфера деятельности бакалавра должна включать действия «разработка», «внедрение», «контроль», «оценка» и «корректировка». Образовательные же стандарты предполагают, что результатом обучения в бакалавриате должны быть умения «обеспечивать», «выполнять», «организовывать», «сопровождать», причем относящиеся к разным видам работ. Например, бакалавр должен уметь обеспечивать выполнение работ по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации нефтегазового оборудования, а применительно к бурению скважин выполнять работы по проектированию, контролю безопасности и управлению работами. Но в отношении добычи нефти, газа и газового конденсата бакалавр должен быть обучен лишь умению оперативного сопровождения этого технологического процесса.

Обращает на себя внимание также то, что при бурении скважин бакалавр должен уметь проектировать, контролировать безопасность и управлять этими работами, а специалист и магистр, прочувшиеся в вузе значительно дольше – лишь контролировать и управлять работами при бурении скважин, причем только на месторождениях.

Разумеется, можно дискутировать по поводу содержания приведенных выше терминов, пытаюсь доказать полное или частичное совпадение их значений, но нужна ли такая дискуссия? Представляется очевидным, что ФГОС ВО как юридические документы должны выполняться в соответствии с правилами юридической техники, в частности соответствовать принципу однозначности формулировок, не допускающей различное толкование положений документа. Кроме того, должно соблюдаться требование смыслового соответствия образовательных стандартов профессиональным, так как они являются для образовательных стандартов источниками профессиональных требований к выпускникам.

Такая разветвленная многоуровневая система нефтегазового образования соответствует современной парадигме «образование через всю жизнь» и предоставляет компетенту нефтегазового дела возможность постдипломного 3-D моделирования своей образовательной траектории (достижение нового уровня образования, совершенствование в рамках базовой профессии, смена профессии).

В целом же система высшего образования, в том числе нефтегазового, нерациональна с точки зрения продолжительности и, соответственно, экономики достижения квалификации магистра. Логичной представляется система последовательного приобретения квалификаций, а именно: бакалавриат (4 года, 240 зачетных единиц), затем специалитет (срок обучения 1 год, 60 зачетных единиц) и магистратура (срок обучения 1 год, 60 зачетных единиц). При этом сферы деятельности компетентов нефтегазового дела в области добычи нефти и газа на примере бурения могут быть следующими: бакалавр – разработка, внедрение, контроль, оценка и корректировка производства буровых работ; специалист – разработка, внедрение, контроль, оценка и корректировка одного из технологических процессов бурения скважин (углубление ствола скважины, крепление ствола скважины обсадной колонной, тампонирование заколонного пространства скважины, заканчивание скважины, промывка скважины); магистр – разработка, внедрение, контроль, оценка и корректировка одной из технологических операций бурения скважин.

Предложенный пример разграничения сфер деятельности компетентов нефтегазового дела не гармоничен, поскольку автор был ограничен формулировкой характера профессиональных умений компетентов, установленных указанным приказом Минтруда России. Кроме того, данный пример следует рассматривать лишь в качестве концептуального подхода к рассматриваемой проблеме. Система высшего нефтегазового образования нуждается в обсуждении профессиональным сообществом с целью приведения ее в соответствие с современными требованиями.

Литература:

1. Владимиров А.И. О подготовке кадров для нефтегазового комплекса. – М. : Недра, 2014. – 72 с.
2. Овчинников В.П., Аксенова Н.А. К решению проблемы подготовки инженерно-технических кадров для ТЭК России // Бурение и нефть. – 2014. – № 3. – С. 60–64.
3. Мартынов В.Г. Ключевые понятия образования в контексте парадигмы образования через всю жизнь // Инновационные процессы в профессиональном и высшем образовании и профессиональном самоопределении. – М. : Российская академия образования, 2020. – С. 220–229.
4. Балаба В.И. Оценка профессиональных квалификаций в нефтегазовой отрасли // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2011. – №. 3. – С. 27–28.

References:

1. Vladimirov A.I. On Personnel Training for the Oil and Gas Complex. – M. : Nedra, 2014. – 72 p.
2. Ovchinnikov V.P., Aksanova N.A. To solve the problem of engineering and technical personnel training for the Russian fuel and energy complex // Drilling and Oil. – 2014. – № 3. – P. 60–64.
3. Martynov V.G. Key concepts of education in the context of education paradigm through life // Innovative processes in professional and higher education and professional self-determination. – M. : Russian Academy of Education, 2020. – P. 220–229.
4. Balaba V.I. Professional Qualification Assessment in Oil and Gas Sector // Quality Management in Oil and Gas Complex. – 2011. – №. 3. – P. 27–28.



УДК 378.881.1

ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАНЯТИЙ ПО ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ CLIL В НЕЯЗЫКОВОМ ВУЗЕ

PECULIARITIES OF CLIL FOREIGN LANGUAGE LESSONS PLANNING IN A NON-LINGUISTIC UNIVERSITY

Виноградова Елена Евгеньевна

Преподаватель кафедры иностранных языков,
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Vinogradova Elena Evgenyevna

Teacher of Foreign Languages Department,
Gubkin Russian State University of
Oil and Gas (NRU)

Аннотация. В статье рассматриваются особенности планирования занятий по иностранному языку с применением методики CLIL. На основе рекомендаций авторов методики и обобщения опыта применения элементов технологии CLIL на занятиях по иностранному языку в неязыковом вузе обозначены основные этапы планирования занятия.

Annotation. The article reviews the peculiarities of a foreign language lessons planning in a CLIL context. The main stages of CLIL lessons planning in a non-linguistic University are revealed by considering the recommendations of the CLIL approach authors and summarizing the CLIL methodology implementation experience.

Ключевые слова: методика предметно-языкового интегрированного обучения (CLIL), планирование занятий, содержательный, коммуникативный, когнитивный и культурологический компоненты методики CLIL.

Keywords: the methodology of subject-linguistic integrated learning (CLIL), lesson planning, content, communicative, cognitive, and cultural components of the CLIL methodology.

Методика предметно-языкового интегрированного обучения в настоящее время привлекает пристальное внимание методистов и преподавателей в российских вузах в связи с высоким образовательным и развивающим потенциалом данной технологии. Основатель метода и его последователи в зарубежных и российских вузах описывают несколько моделей организации обучения по методике CLIL. Модели варьируются от «hard» CLIL, предполагающего преподавание предмета на иностранном языке, до «soft» CLIL, т.е. поддержки предметного обучения на занятиях по иностранному языку, использования принципов, методов, форм и видов работы, особенностей планирования и проведения занятий. [3, с. 110].

Поскольку методика является достаточно новой, и ее применение в российских вузах началось сравнительно недавно, аспект планирования занятия по иностранному языку с использованием методики CLIL еще недостаточно разработан. Вопрос организации и планирования работы студентов на занятиях тем не менее рассматривался отдельными преподавателями. Так, Сиротова [4, с. 122] отмечает важность тщательного планирования занятия, отмечая ключевые этапы. Данным автором также предпринята попытка упростить подготовку преподавателя к занятию, предложен шаблон плана и примерного хода занятия. Гокжаева [1, с. 57] обращает внимание на важность целеполагания в планировании процесса обучения иностранным языкам в контексте CLIL-технологий. Автор подчеркивает, что на этапе целеполагания следует создать модель обучения, предусматривающую обеспечение необходимого уровня сформированности умений обработки текстовой информации по определенным критериям и параметрам и адекватную этим целям систему работы (методы, средства, приемы, организационные формы и др.) [1, с. 59].

Следует отметить, что для эффективной реализации целей обучения по данной методике необходимо учитывать двунаправленный характер данной технологии (одновременный акцент на содержание и язык), рассматривая CLIL как когнитивно-коммуникативный подход. Цель данной статьи – рассмотреть особенности планирования занятия по иностранному языку в неязыковом вузе по методике CLIL с учетом необходимости гармоничного сочетания содержательного, языкового, когнитивного и культурологического компонентов и обозначить основные этапы планирования занятий.

Прежде всего, необходимо обратиться к рекомендациям авторов подхода.

Основоположник методики Дэвид Марш отмечает, что планирование занятий в технологии CLIL играет важную роль в связи с необходимостью реализовывать 4 компонента методики (4 Cs) на занятии [6, с. 55]. Поскольку технология нацелена на одновременное изучение содержания и языка, предполагает активное проблемное обучение для развития мышления, и, кроме того, призвана способствовать осознанию различий культур, планирование занятия предполагает предварительное определение предметного содержания, языковых средств, культурологического аспекта темы и способов развития мыслительных навыков.

Авторы CLIL предлагают составлять опорную схему в виде интеллектуальной карты для планирования занятия по теме. Первый шаг – это отбор содержания. Преподаватель задает себе вопросы,



отвечая на которые планирует тему занятия и подбирает материал. При обдумывании содержательного аспекта необходимо определить, какие фактические данные и знания нужно представить на занятии, необходимо ли следовать тематическому учебному плану, каковы критерии отбора фактического материала, будет ли содержательная сторона играть важную роль на занятии, и, главное, как это содержание будет способствовать достижению целей занятия.

На втором этапе планирования нужно определить, какие навыки мышления, какие способности будет развивать выбранное содержание. В этой связи методика CLIL использует таксономию Блума [5, с. 31], чтобы определить какие мыслительные навыки низшего и высшего порядка можно развивать, прорабатывая тему. На этом этапе нужно продумать, какие задания и вопросы нацелены на развитие навыков мышления, как обеспечить прогресс в развитии мыслительных навыков начиная от запоминания, понимания, применения новых знаний (навыки низшего порядка) и заканчивая выдвижением гипотез и решением задач (навыки высшего порядка). Принимая во внимание важность осознания студентами процесса обучения, авторы методики CLIL предлагают продумать возможность обсуждения учащимися полученных знаний и результатов.

Следующий шаг планирования определяется авторами, как самый сложный. Соотнесение содержательного и когнитивного компонентов с коммуникативным, включающим в себя 3 аспекта языкового, лингвистического материала: языка обучения (language of learning), языка для обучения (language for learning) и языка через обучение (language through learning). Авторы подчеркивают, что языковая триада – язык как инструмент познания (language of learning), язык как средство коммуникации (language for learning), язык как предмет изучения (language through learning) – предлагает отталкиваться от содержания при изучении грамматики. Таким образом, в аутентичном материале выявляются языковые средства, грамматические категории, которые необходимо знать для понимания содержания.

Культурологический аспект предполагает расширение рамок темы за пределы одной культуры, сравнение подходов к проблеме, традиций, укоренившихся в других сообществах.

Таким образом, обобщив рекомендации авторов и последователей метода, а также опыт использования элементов методики на занятиях по иностранному языку на факультете автоматизации и вычислительной техники, мы выделили несколько этапов планирования занятий:

1. Организация тем курса в парадигме 4C, оформление в виде таблицы.

Например, при изучении темы «Third Generation Electronic Computers (1963–1972)» логично обратить внимание на устройство и преимущества интегральных микросхем, полупроводниковой памяти, конвейерного принципа работы компьютера, векторного и скалярного процессора. Учебно-методическими материалами являются аутентичные тексты, статьи, видеоролики. Данное содержание соотносится с когнитивным компонентом: студентам предлагаются задания, направленные на развитие навыков мышления. Анализируя содержание аутентичных текстов, статей, видеороликов, выявляем языковые средства, грамматические категории, на которые необходимо обратить внимание для полноценного усвоения знаний и их применения в речи. Учебно-методические материалы также должны расширять кругозор, при изучении темы возникает возможность обратить внимание не только на зарубежные, но и на отечественные разработки в области вычислительной техники третьего поколения. Кратко содержательный, коммуникативный, мыслительный и культурологический компоненты, на которые обращается внимание при планировании отдельных занятий по данной теме, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Third Generation Electronic Computers

Content	Communication	Cognition	Culture
Integrated Circuit (IC) Semiconductor memory Microprogramming Pipelining Operating system Vector processor	<i>Language of learning:</i> – key vocabulary / phrases, – language of comparing, – use of the Gerund and the Gerundial Constructions <i>Language for learning:</i> – language of cause and effect <i>Language through learning:</i> – dictionary skills	– explaining advantages of ICs; – comparing semiconductor memory and the memory based on magnetic cores; – understanding the advantages of pipelining; – understanding the difference between vector and scalar processors – analyzing computer architecture improvements	Seymour Cray Computer Engineering Award BESM-6 (1968) designed by Lebedev S.A. Silicon Valley (USA) and Lebedev Institute of Precision Mechanics and Computer Engineering (USSR)

2. Разработка занятия по теме.

При планировании занятия переходим к конкретной реализации принципов методики, опираясь на вышеуказанные четыре компонента. Предварительно изучив содержательный аспект, который требует в данном случае основных усилий преподавателя иностранного языка, мы организуем единые материалы и виды работ, осуществляя:

– планирование этапов работы («мозговой штурм» по теме, работа с текстом или прослушивание подкаста/просмотр видеоролика, выполнение упражнений, заданий, обсуждение, командная работа, подведение итогов, домашнее задание);



– разработку дополнительного учебного материала, вопросов к тексту от простых (на понимание) до более сложных, предполагающих анализ, сравнение, выдвижение предположений, заданий, предполагающих самостоятельный поиск информации;

– разработку творческих заданий для развития речи с применением наглядности (например, составить интеллектуальную карту по теме и представить ее устно, подготовить доклад о компонентах компьютера с демонстрацией на модели материнской платы, организовать информацию в сравнительную таблицу, разработать опорную схему и описать процесс, используя языковые средства для сравнения, классификации);

– разработку опорных схем, таблиц, рекомендаций для языковой поддержки («scaffolding»).

3. Планирование критериев оценки и обратной связи.

Для закрепления результатов и осознанности процесса обучения необходимо продумать способы оценки и обратной связи. Наряду с традиционной оценкой преподавателя, повысить осознанность и оценить прогресс существенно помогает метод взаимного оценивания. При этом преподаватель задает критерии оценки и демонстрирует образец анализа ответа, учитывая все те же четыре аспекта: содержание, мышление, речь, культура. Установлено, что использование метода взаимного оценивания позволяет развивать умения, присущие высокому уровню развития критического мышления. Для успешного участия во взаимном оценивании студентам необходимо уметь выявлять проблему, чтобы оценить адекватность предложенного другим студентом решения, уметь замечать несоответствия и неточности (нелогичность линии рассуждения, отсутствие средств логической связи, которые указаны в критериях оценивания), уметь давать собственную оценку на основе логических выводов, уметь сравнивать (данное с образцом, с критериями), уметь использовать критерии [2, с. 185].

Таким образом, основная особенность и одновременно сложность планирования занятий согласно принципам технологии CLIL по «мягкой» модели заключается в обеспечении целостности, гармоничного, живого и творческого сочетания четырех аспектов: содержательного, языкового, когнитивного и культурологического. Планирование занятий по методике CLIL требует от преподавателя иностранного языка тщательной подготовки каждого этапа занятия, разработки творческих, проблемных заданий, рекомендаций, зрительных опор для языковой поддержки и критериев оценки. Безусловно, успешная организация занятий предполагает живой интерес преподавателя к изучению предметной тематики и напрямую зависит от возможности опираться на имеющиеся у студентов знания в предметной области и сотрудничество, сотворчество с преподавателем на занятиях. Языковая поддержка, «scaffolding», также играет в этом процессе важную роль.

Литература:

1. Гокжаева Т.Г. Целеполагание в планировании занятий по иностранному языку в контексте CLIL-технологий // Вестник Майкопского государственного технологического университета, 2018. – № 2. – С. 57–62.
2. Мещерякова О.В. Использование метода взаимного оценивания для развития универсальных компетенций при обучении иностранному языку в бакалавриате неязыкового вуза // Общество: социология, психология, педагогика. – 2020. – № 6 (74). – С. 180–186.
3. Рубцова А.В., Алмазова Н.И. Стратегия развития профессионально ориентированного иноязычного образования в высшей школе // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Гуманитарные и общественные науки. – 2017. – Т. 8. – № 2. – С. 107–114.
4. Сиротова А.А. Планирование предметно-языкового интегрированного занятия в неязыковом вузе // Актуальные проблемы лингвистики и лингводидактики в неязыковом вузе / Сборник материалов 3-й Международной научно-практической конференции. – Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Ассоциация технических университетов России и Китая, 2019. – С. 122–126.
5. Anderson L., Krathwohl D. A taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives // Addison Wesley Longman, Inc. – New York. – 2001.
6. Coyle Do, Hood Philip, Marsh David. CLIL Content and Language Integrated Learning, Cambridge University Press, 2010.

References:

1. Gokzhaeva T.G. Target-setting in the planning of foreign language classes in the context of CLIL-technologies // Bulletin of the Maikop State Technological University, 2018. – № 2. – P. 57–62.
2. Meshcheryakova O.V. Using the method of mutual evaluation for the development of universal competences in teaching a foreign language in the bachelor's degree of a non-linguistic university // Society: Sociology, Psychology, Pedagogy. – 2020. – № 6 (74). – P. 180–186.
3. Rubtsova A.V., Almazova N.I. Strategy for the development of professionally oriented foreign language education in higher education // Scientific and Technical Bulletin of Saint Petersburg State Pedagogical University. Humanities and social sciences. – 2017. – Vol. 8. – № 2. – P. 107–114.
4. Sirotova A.A. Planning of subject-language integrated lesson in a non-language university // Actual problems of linguistics and linguodidactics in a non-language university / Proceedings of the 3rd International scientific-practical conference. – Bauman Moscow State Technical University, Association of Technical Universities of Russia and China, 2019. – P. 122–126.
5. Anderson L., Krathwohl D. A taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives // Addison Wesley Longman, Inc. – New York. – 2001.
6. Coyle Do, Hood Philip, Marsh David. CLIL Content and Language Integrated Learning, Cambridge University Press, 2010.



УДК 378

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КУЛЬТУРЫ ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СИНТЕЗА ЗНАНИЙ

DEVELOPMENT OF METHODS FOR IMPROVING THE QUALITY OF THE CULTURE OF EDUCATION BASED ON THE SYNTHESIS OF KNOWLEDGE

Колесников Владимир Павлович

кандидат технических наук, доцент,
доцент 105 кафедры,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков

Энсис Екатерина Ивановна

кандидат психологических наук,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков

Терехов Владимир Валерьевич

кандидат технических наук, доцент,
заведующий 105 кафедрой,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков

Аннотация. В статье авторами предложена к обсуждению актуальная тема, воспитание у обучающихся стратегического мышления для принятия оптимального решения на основе синтеза знаний и конструирования мысленных образов при постановке учебных задач. Предложенная идея совершенствует существующее высшее образование для осмысленной духовно-нравственной деятельности, где обучаемый закрепит свои индивидуальные качества за счет творческого процесса и позитивного мышления для формирования его в интуитивного интеллектуала.

Ключевые слова: культура образования, стратегическое мышление, сознание, образное мышление, интеллект, синтез знаний, творческое мышление.

Kolesnikov Vladimir Pavlovich

PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor the 105 Department,
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

Ensis Ekaterina Ivanovna

PhD in Psychology Sciences,
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

Terekhov Vladimir Valerievich

PhD in Technical Sciences,
Associate Professor Head of
the 105 Department,
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

Annotation. In the article, the authors propose to discuss the topical topic of educating students of strategic thinking for making optimal decisions based on the synthesis of knowledge for constructing mental images when setting educational tasks. The proposed idea improves the existing higher education for meaningful spiritual and moral activities, where the student will consolidate their individual qualities through the creative process and positive thinking to form it into an intuitive intellectual.

Keywords: culture of education, strategic thinking, consciousness, imaginative thinking, intelligence, synthesis of knowledge, creative thinking.

Все многообразие явлений в культуре образования военных вузов, в основном, сводится к формированию у курсантов понятий, понимания и осознания действий для принятия решения. Наиболее традиционной единицей обычной классификации учебного процесса является подача информации преподавателем для формирования понимания, а осознанию и умению образно мыслить и говорить по существу уделяется внимание значительно меньше.

В настоящий момент в высшей школе доминирует традиционная форма обучения, что противоречит цели культуры образования, смысл которой есть возделывание и умение образно мыслить, образно говорить и принимать единственно правильный образ действия.

Наличие IT и интернет технологий приводит к дефициту времени по их качественной обработке и, как следствие, к неэффективному усвоению учебного материала. Поэтому, сегодня в условиях ментальной напряженности в пространстве и напряжения в международных отношениях, актуальной темой является воспитание у курсантов стратегического мышления для принятия оптимального решения на основе синтеза знаний для конструирования мысленных образов при постановке учебных задач.

Образование в военных вузах должно обеспечить устойчивое предрасположение курсанта к ментальному типу мышления, ориентированному на интуитивный интеллект на базе разработанных алгоритмов взаимодействия «преподаватель – курсант». Для этого был изучен и использован педагогический метод *установки*, предложенный А.Е. Шерозия [1].

На основе этого педагогического метода была разработана установка на образное мышление при использовании синтеза знаний. Новый метод обеспечит воспитание и развитие стратегического мышления и интуитивного интеллекта у курсанта, что позволит ему иметь готовность действовать с высокой скоростью реагирования на принятие решения.



Образное мышление есть творческий процесс ума курсанта, готового воспринимать, мыслить и действовать при помощи сформированных бессознательных голографических образов при условии синхронизации (когерентности) работы двух полушарий головного мозга.

Проведенные авторами научное исследование было направлено на раскрытие интеллектуальной природы уровней сознания и типов мышления курсантов, в соответствии с их ментальным потенциалом и церебрально-психофизических закономерностей для творческого формирования образов. Творческое мышление создаст предпосылку не только для восприятия изучаемого объекта от абриса до образа, но и дальнейшего конструирования мысли и слова.

При помощи тестирования курсантов и опроса преподавателей был проведен анализ оперативно-цифрового восприятия и интеллектуальных способностей курсанта. Для раскрытия их творческих начал на практических занятиях была использована методика «блиц-опрос» и «блиц-ответ». Благодаря проницательности преподавателя, был классифицирован тип мышления и уровень сознания [2, 3].

Тема образного мышления, на основе применения синтетических знаний разных научных направлений, должна стать для курсантов летной специальности актуальной, поскольку в условиях, возникающих во внештатных ситуациях, необходимо принять интуитивное решение, как единственно правильное действие, не теряя время на размышление.

Сложность воспитания образного мышления стоит в том, что возникшая идея находится в состоянии «здесь-и-сейчас», когда сознание курсанта пребывает на пересечении действительности и реальности.

Для выполнения этой задачи был выбран метод «*взаимодействия преподаватель – курсант*». Командный навык в ходе творческого процесса помог принять групповую установку на стратегическое мышление. Это позволит компетентному преподавателю направить мышление курсанта в *квантовое пространство*, чтобы его сознание поэтапно оперировало информационным, оперативно-цифровым интеллектом и со временем совершенствовалось в интуиции. Для этого преподавателю необходимо учесть момент позитивной динамической определенности курсанта и его ментальную активность. Преподаватель задаёт курсанту ментальное направление в решении задачи, закрепляет его мотивацию на определенный тип мышления и формирует стремление, намерение образно мыслить и фиксировать мыслительную конструкцию возникшей идеи при помощи слов. То есть представить, вообразить, детализировать от абриса до целостности образа и дальнейших стратегических действий с целью успешного решения поставленной задачи.

Анализ результатов тестирования показал, что за счёт своей проницательности преподаватель сможет переключить сознание курсанта с хаотической и реактивной чувственности (феномен иллюзии слуха, иллюзии зрения, иллюзии восприятия) на процесс понимания учебной задачи посредством активации правого полушария головного мозга, где формируются ментальные образы от воспоминания до воображения. Но наличие в характере курсанта упрямства «я всё знаю» и противодействие новым знаниям блокирует работу головного мозга и разрушает синхронизацию и оптимизацию его полушарий. В этом случае преподаватель должен создать условия не столько для обучения, сколько для *образования*, мотивируя его необходимостью овладения синтезом знаний для формирования образного мышления.

На основе разработанных методик при соответствующей активации сознания, были разработаны алгоритмы образного мышления, что значительно ускорит усвоение учебного материала за счёт возникновения новых аксонных связей, способствующих новому восприятию, повышению объёма памяти и воображению.

Мобилизованность преподавателя на образное мышление на базе применения синтетических знаний определит готовность курсантов к действию на выполнение поставленной задачи, что потребует от преподавателя повышения своей педагогической квалификации в овладении синтезом знаний.

Понятие образов, их функциональной деятельности в движении ума от понятийности до сообразительности, от абриса до образа, станет отправным содержанием воспитания интуиции на семинарских занятиях. Это позволит овладеть ментальным механизмом действия в пространстве.

Действие мысли в пространстве осуществляется на основе квантового механизма. Квантовое поле – это сплошная среда, заполняющая некоторую область пространства, доступную к пониманию и осознанную в виде потоков: информационных, пространственно-временных, духовно-интеллектуальных.

Воспитание интуитивного интеллекта у курсанта при предложенных методах образования может осознать и освоить квантовое поле. Эта среда имеет различную плотность ткани пространства-времени в соответствии с энергией времени, наличие статических координат и разных спектров интенсивности информационных потоков. Именно психофизика сознания и подготовленное психологическое состояние курсанта и преподавателя при их взаимодействии приведёт к конкретным действиям в потоках времени и информации, а также энергетически определит ментальное поле для стратегии дальнейших действий в новой реальности.



Работа в квантовом поле для интеллектуально подготовленного курсанта на базе синтеза знаний будет, в основном, восприниматься им в потоках, как силовое поле, поле скоростей, вибраций, вызванных психологическим действием его сознания, где он выступает в роли активного наблюдателя.

Используя приобретённый духовно-интуитивный интеллект, курсант будет способен в сознании разграничить мир на действительность и квантовую реальность, понимая, что мыслительный процесс есть функция его сознания. При этом он может сформировать и управлять ментальными потоками, учитывая, что малейшее ментальное напряжение фиксирует эти потоки или искажает их.

Так, как фиксация вызывает дискретность потока, конечную делимость пространственно-временного строения и информационного потока, то это создаёт в сознании курсанта эмоциональную неуравновешенность и сомнение при размышлении.

Непрерывность временных и информационных потоков создаст единый пространственно-временной континуум, который исключит противоречия и конфликты и позволит курсанту принять другое мышление. Разработанный прежде алгоритм действия и алгоритм мыслительной конструкции позволит уйти от фиксации всех потоков и принять интуитивный процесс, как функцию квантовой реальности.

Развитие концепции построения личного пространства курсанта-интуита позволит описать этот процесс в виде электромагнитного явления в церебральной психофизике сознания и нейрофизиологии для того, чтобы понять их диалектическое единство и концепцию корпускулярно-волнового дуализма.

Курсант-личность успешно создаёт своё личное пространство, свою действительность, и посредством мотивации стремится принять высшее сознание и осознать реальность через интуитивный процесс.

Курсант-интуит уже осознанно существует в квантовой реальности и постоянно пребывает во взаимодействии с высшим сознанием [5].

Учебный процесс курсант видит сначала как непрерывный процесс, каждый раз, расширяя сознание, он раздвигает границы своего личного пространства. Ему психологически трудно воспринимать относительную непрерывность потока времени, разумных чувств, знаний, и чаще всего, он их фиксирует непониманием, отрицанием и упрямством. Из-за торопливости, сомнения и опоздания в освоении учебного материала он «выпадает» из потока времени, нарушая его ритм и темп.

Фиксируя внимание на исследуемых понятиях, курсант способен осознать относительную непрерывность ментальных потоков через синтез знаний. Это поможет ему научиться воспринимать информационный поток и поток времени. В результате, сознание курсанта сможет интуитивно создавать разнообразные ментальные конструкции от абриса до полного совершенства образа, реализуя в действительности стратегию образа *действия*.

Учитывая, что пространство имеет протяженность и наполняется энергией времени через *ритм и темп*, то курсант учится не опаздывать в овладении учебным материалом и *своевременно* встраивать своё личное пространство в единый пространственно-временной континуум, характеризующийся непрерывностью и нематериальностью. Курсант, владеющий таким сознанием, уже сможет управлять ментальным потоком и его контролировать во времени. Созданное целостное энергетическое поле, пространства-времени, проявится в сознании курсанта в виде озарения, идеи, созерцания. Наружная и внутренняя дискретность дадут возможность курсанту-интуиту наработать синтетическую логику для определения внутренних и внешних фрагмента образа и его смыслов. Для представления фрагментов в трёхмерном пространстве образное мышление создаёт блоки-образа. Этот ментальный инжиниринг позволит ему декодировать многомерность в трёх мерность для того, чтобы освоить фактальное конструирование образов.

Для определения квантовых потерь в нашей работе были определены и исследованы «мертвые», «запретные» зоны личного пространства и имеющиеся ментальные блоки всех потоков. Для устранения энергетических потерь и их трансформации нами были предложены алгоритмы их преодоления [6, 7].

Квантовое поле сознания курсантов любого уровня имеет комплексные функции меняющихся координат в пространстве с учётом его взаимодействия и взаимоотношения с группой на временном протяжении, согласно темпу и ритму учебного занятия.

Изучив базовую образовательную платформу Рубинштейна [8], мы поставили задачу: исследовать психофизическое сознание курсантов и их уровней интеллекта, как средства для познания и расширения объёма восприятия. Это исследование позволило выявить *закономерности раскрытия интеллектуального потенциала* курсантов и их способности к образованию для овладения выбранной профессией лётчика.

Так, как, по мнению Рубинштейна С.Л., память имеет избирательный характер, то курсант может запомнить значимое и интересное для его восприятия, поэтому творческий потенциал преподавателя должен проявиться в виде педагогической проницательности и в умении управлять интерактивным пространством аудитории путём установки на *интуицию*.



Для постановки актуальности учебных задач преподаватель должен уметь распознать следующие эмоциональные состояния курсанта:

- наличие упрямства;
- впечатлительность;
- восприимчивость;
- наличие напряжения в виде страха и сомнения.

Результаты исследования показали, что преподаватель, исследуя потенциальные способности курсанта и скорость его мышления, сможет активизировать ассоциативную память при заучивании [9] и направить сознание курсанта на образное мышление. Важно отметить, что установка на представление образов предшествует психическому сознательному процессу и имеет на эти образы устойчивую память [2].

Вследствие чего у преподавателя появится возможность эффективно организовать учебный процесс в новой концепции – модификация конкретной ситуации при помощи образов и интуитивного выбора, решение к определенному исполнению приказа, а также удовлетворение актуальной потребности курсанта в получении новых знаний в области синтеза наук.

Образное мышление, применяемое для стратегического и тактического мышления курсанта, станет связующим звеном для овладения личным пространством и возможностью экономии времени, что очень важно в условиях транс субъективной реальности, где время и пространство посредством сознания объединяются в единый континуум в результате которого возникает голографический образ.

При таком подходе, в результате сотрудничества – «взаимодействия» курсант-преподаватель, формируется побуждение к деятельности с последующей модификацией образного мышления в фрактальное. Установка на такое мышление позволит увеличить сообразительность курсанта и проницательность преподавателя.

Следствием этой установки является усиление идеи – мысли и силы слова для постоянной готовности к интуитивному действию в любой ситуации, что гарантирует их успешную реализацию при помощи интуитивного решения.

Применение анализа и существующих методик в нестандартных ситуациях усложняет выбор принятия решения, вызывая потерю времени, а при интуитивном интеллекте, как неосознаваемой психической деятельности, возникает спонтанно – «я знаю решение!»

Согласно схеме анализа: приказ – сознание – бессознательное при помощи интуиции, проявленной при образном мышлении, бессознательно становится осознанным и определяет психофизику, как квантовую реальность психического единства с высшим сознанием.

Таким образом, образное мышление, как творческий процесс, имеет онтологический статус сознания и является специфической особенностью человека согласно уровням сознания и типам интеллекта для умения стратегически мыслить.

Стратегическое мышление на основе алгоритмов образного мышления позволит эффективно использовать время, мгновенно принять окончательное решение и станет содержанием сознания при фрактальном мышлении. Тогда на учебных занятиях преподаватель сможет сформировать в сознании курсанта волевое усилие, сознательно направленное на выполнение поставленной задачи согласно приказу, и познавательный процесс при анализе ситуации пошагово через разработанный модуль реализуется.

Пользуясь новыми методами образного мышления, курсант не приступает к анализу действительности с готовой установкой к действию, а установка к действию спонтанно возникает в процессе взаимодействия с этой действительностью в образах. Это дает возможность проживать интуитивное творческое действие в разных образах и осуществлять свое импульсивное поведение при помощи интуитивного выбора. Потребность к творческой деятельности наполняется смыслом и становится содержанием сознания курсанта и является импульсом для действия, идея которого приходит из высшего сознания.

Стратегическая деятельность мышления в построении ментальных конструкций бывает целевой, операционной и безобразной.

Целевая стратегическая деятельность достигается с помощью приказа и внешних установок, аналитических логических установок и становится основой оперативно-информационного интеллекта.

Операционная стратегическая деятельность совершается при помощи творческого процесса на основе интуитивного интеллекта.

Безобразное мышление – это инструментальное мышление, плоское мышление линейного ума, лишенное смысла.

Учитывая стратегические возможности деятельности мышления, нами предложены методики для развития поэтапного восприятия и инженерного конструирования мысли, что повысит уровень восприятия, но и создаст условия для овладения *алгоритмом квантовой сонастройки* [2].

Алгоритм квантовой сонастройки позволит преподавателю вербально стимулировать идею-проект. Эта вербальная стимуляция станет творческим процессом формирования слова для запове-



нения ментальной конструкции смыслом. Смысл приведёт к осознанию, что есть проявление действия мыслью в квантовом пространстве, открывая возможность реализации образа действия при помощи слова. Впоследствии вербальная стимуляция проявится через церебральную психофизическую способность сознания курсанта инициировать и управлять мысленными образами, наполняя действие смыслом.

Например, уровень сознания курсанта-интуита и его духовно-интуитивный интеллект будет способствовать формированию личной диспозиции в интерактивном пространстве аудитории для изучения своей уникальной интегрированной индивидуальности. Его образное мышление рассматривается как специфический акт мышления, как продукт синтетических знаний и детерминантов, при которых эквивалентность реакций создаст личную диспозицию не в действительности, а в реальности, т.е. в квантовом поле. Такой курсант обладает высоким порогом возбуждения интуиции и динамической активности. Курсант-интуит в своей уникальной стратегической деятельности может способствовать решению задач для курсантов-стандартников.

Образы, которыми владеет интуит или интегральная личность, имеют динамическую структуру и включают в себя:

- энергию мысли и слова;
- силу чувств, их динамические черты, харизму, а также силу реагирования;
- отношение к образу;
- интенсивность мышления к детализации;
- формирование новой мысленной репрезентации (суждения, абстрагирование, воображение, рассуждения);
- решение задачи образного действия.

Для курсанта со стандартным мышлением ставится другая задача – он должен сначала научиться составлять абрис образа. Это задача рассматривается преподавателем, как подготовительная когнитивная активность, предшествующая мышлению и восприятию, что обосновывается прошлым опытом и понятийностью.

Современные научные открытия для всех идей интернет-технологий, интерфейсов-контентов требуют новых способностей курсантов и новых видов обучения, которые в дальнейшем смогут мотивировать курсанта к новым формам и установкам образования, что активизирует церебральные взаимосвязи в нейронных сетях головного мозга и влечёт к стремлению более успешному образованию.

Учитывая высокую активность солнца и увеличение космических вибраций, изменяют сознание человека, поэтому эволюция сознания ускоряется, темп времени ощутимо убыстряется, что способствует не только активизации работы головного мозга и выравниванию потенциалов полушарий и их синхронизации, но и обострению восприятия квантовой реальности. Техногенные революции двадцать первого века также способствуют росту интуиции для угадывания вероятности нахождения правильного решения, поэтому искусственный интеллект не сможет определить разумную вероятность. Он способен только контролировать процесс, который придумал сам человек себе в помощь. Искусственный интеллект не может определить верные направления действия и не имеет верных убеждений, приносящих вред или пользу.

Осознанная стратегия мышления курсанта в настоящее время должна пройти следующие этапы в условиях *самоподготовки*:

- исследовать стратегию мышления;
- оптимизировать мышления, устраняя сомнения;
- использовать алгоритм образного мышления;
- принять образ и слово, как алфавит энергии;
- рассмотреть действительность, как личное пространство для создания образов (координат) и самостоятельно сформировать алгоритм тактического мышления;
- принять реальность, как квантовое поле для действия образов-квантов при стратегическом мышлении;
- изучить церебральную психофизику сознания и ее квантовую реальность;
- овладеть информационным и временным потоками для соиздания единого пространственно-временного континуума.

Таким образом, можно утверждать, что человеческое сознание имеет тенденцию воспринимать высшее сознание в энергетических потоках: пространства-времени, разумных чувств, информационных и высших знаний. Правильная интерпретация действительности и реальности позволит курсанту и преподавателю посредством разработанных алгоритмов освоить новые формы обучения для формирования у курсантов информационного интеллекта, оперативно-цифрового интеллекта и духовно-интуитивного интеллекта.

Литература:

1. Шерозия А.Е. К проблеме сознания и бессознательного психического // Опыт исследования на основе данных психологии установки. – Тбилиси : Изд-во: Мецниереба, 1969. – Т. 1.



2. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний // Монография. КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – 196 с.
3. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Методические аспекты повышения качества учебно-воспитательного процесса и культуры образования // Булатовские чтения: материалы III Межд. науч.-практ. конф. (31 марта 2019) в 5 т-х (сборник статей). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – Т. 5. – 200 с.
4. Диспенза Джо. Развивай свой мозг // Как перестроить разум и реализовать собственный потенциал. – Москва : Эксмо, 2019. – 688 с.
5. Гриббин Джон. В поисках кота Шредингера // Квантовая физика и реальность. – М. : РИПОЛ классик, 2018. – 352 с.
6. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Поиск образа действия, как интерактивный метод познания. // Материалы XI Межд. науч.-практ. конф. «Научные чтения им. проф. Н.Е. Жуковского». КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – 588 с.
7. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Синтез знаний, как метод воспитания стратегического мышления // Материалы X Межд. науч.-практ. конф. «Научные чтения им. проф. Н.Е. Жуковского». КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – 588 с.
8. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. – СПб. : Питер, 2008. – 713 с.
9. Узнадзе Дмитрий Николаевич. Основные положения теории установки // Труды. – Тбилиси : Мецниереба, 1977. – Т. 6. – С. 263–326.

References:

1. Sherozia A.E. To the Problem of Consciousness and Unconscious Mental // Experience of Research Based on Data from the Psychology of Attitude. – Tbilisi : Metsniereba Publishing House, 1969. – Vol. 1.
2. Kolesnikov V.P., Ensis E.I., Terekhov V.V. Research of innovative educational technologies of military specialists training based on methods of information, mechanical and synthetic knowledge // Monograph. KVVAUL. – Krasnodar : Publishing House – South, 2019. – 196 p.
3. Kolesnikov V.P., Ensis E.I., Terekhov V.V. Methodological aspects of improving the quality of the educational process and the culture of education // Bulatov readings: materials of III Int. nauchno-prakt. conf. (March 31, 2019) in 5 vols (collection of articles). – Krasnodar : Publishing House – South, 2019. – Vol. 5. – 200 p.
4. Dispenza Joe. Develop your brain // How to rebuild the mind and realize your own potential. – M. : Eksmo, 2019. – 688 p.
5. Gribbin John. In search of Schrodinger's cat // Quantum physics and reality. – M. : RIPOL classic, 2018. – 352 p.
6. Kolesnikov V.P., Ensis E.I., Terekhov V.V.. Search for an image of action as an interactive method of cognition. // Proc. of XI Int. conf. «Scientific readings in the name of Professor N.E. Zhukovsky». KVVAUL. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – 588 p.
7. Kolesnikov V.P., Ensis E.I., Terekhov V.V. Synthesis of knowledge as a method of education of strategic thinking // Proceedings of X-th Int. sci. conf. «Scientific readings of Prof. N.E. Zhukovsky». KVVAUL. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – 588 p.
8. Rubinstein S.L. Fundamentals of general psychology. – SPb. : Peter, 2008. – 713 p.
9. Uznadze Dmitriy Nikolaevich. The Basic Provisions of the Theory of Attitude // Proceedings. – Tbilisi : Metsniereba, 1977. – Vol. 6. – P. 263–326.



УДК 378.147:[546.3:620.193]

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОВ ПО КУРСУ «ХИМИЯ»

FEATURES OF THE METHODOLOGY FOR TEACHING CORROSION OF METALS IN THE COURSE «CHEMISTRY»

Корж Елена Николаевна

кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры «Химия и химические технологии»,
Севастопольский государственный университет
korzhen-sev@mail.ru

Яковешин Леонид Александрович

доктор химических наук, доцент,
профессор кафедры «Химия и химические технологии»,
Севастопольский государственный университет
chemsevntu@rambler.ru

Савченко Елизавета Викторовна

кандидат педагогических наук,
доцент кафедры «Физика»,
Севастопольский государственный университет
globaliza@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются особенности преподавания коррозии металлов в вузе. Показаны преимущества использования опорных схем и применения проблемных методов для повышения качества обучения.

Ключевые слова: проблемный метод, опорные схемы, коррозия.

Korzhen Elena Nikolaevna

Ph. D., Associate Professor of Chemistry and
Chemical Technologies Department,
Sevastopol State University
korzhen-sev@mail.ru

Yakovishin Leonid Aleksandrovich

D. Sci., Professor of Chemistry and
Chemical Technologies Department,
Sevastopol State University
chemsevntu@rambler.ru

Savchenko Elizaveta Viktorovna

Ph. D., Associate Professor of
Physics Department,
Sevastopol State University
globaliza@mail.ru

Annotation. This article discusses the features of teaching metal corrosion in the university. The advantages of using reference schemes and applying problematic methods to improve the quality of teaching are shown.

Keywords: problem method, reference schemes, corrosion.

В Севастопольском государственном университете нехимического профиля студенты технических направлений при изучении дисциплины «Химия» в течение одного семестра должны получить объем знаний, соответствующий уровню компетенций выбранного направления обучения.

Однако особенности преподавания химии в настоящее время состоят в том, что школьный уровень знаний по химии у студентов 1–2-х курсов за последние 20 лет уменьшился в 5–6 раз и продолжает сейчас снижаться [1]. В сложившейся ситуации от преподавателя вуза требуется непрерывное совершенствование методики обучения. Использование на учебных занятиях различных способов активизации учебно-познавательной деятельности студентов, применение методов проблемного обучения [2] позволяет преподавателю доступно и понятно объяснить новый материал, заинтересовать студентов с различным уровнем школьных знаний, включить их в активную работу на лекциях и лабораторных занятиях, что, несомненно, повышает качество обучения и развивает у студентов творческое профессионально ориентированное мышление.

Представляет интерес подробнее разобрать особенности применения проблемного способа изложения учебного материала [2]. Так, при изучении одного из важных разделов курса «Химия» для инженерных специальностей – коррозии и защиты металлов от коррозии, метод проблемного изложения позволяет преподавателю познакомить студентов с проблемной ситуацией по коррозии в различных областях промышленности, которые соответствуют выбранным студентами направления обучения. Это проблемы интенсивного коррозионного разрушения при эксплуатации корпусных конструкций судов, автомобильного транспорта, морских гидросооружений и трубопроводов, а также и других объектов.

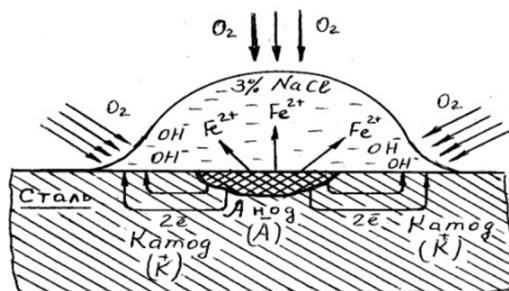
Изучение механизмов коррозионных разрушений металлоконструкций, влияние внешних факторов на коррозию является следующей составной частью изучения при проблемном изложении темы «Коррозия и защита металлов от коррозии». Необходимо отметить, что в настоящее время наблюдается, и достаточно часто, несколько упрощенное изложение этого материала на учебных занятиях, которые предусмотрены рабочей программой по дисциплине «Химия». Достаточно часто преподаватели ограничиваются описательным характером раскрытия этой темы занятия.

Учитывая особую актуальность проблемы коррозии и защиты от коррозии металлоконструкций в различных отраслях промышленности, нами была разработана методика изучения механизма и закономерностей коррозионных процессов электрохимической коррозии с использованием опорных



схем, которые содержат графическую часть, уравнения коррозионных процессов и уравнения вывода продуктов коррозии.

На рисунке 1 приведена опорная схема для изучения коррозии железа (стали) под каплей 3 % раствора NaCl во влажной морской атмосфере. Это одна из 12 разработанных нами опорных схем для учебных занятий по коррозии металлов [3].



Механизм коррозии

При различном доступе воздуха образуются участки с различным потенциалом:
 – по краям капли, где доступ кислорода больше, возникает катодный участок;
 – в центре капли, где доступ кислорода меньше, возникает анодный участок и происходит коррозионное разрушение металла.

Схема коррозионной пары: анод (-) $Fe_{\text{центр}} | H_2O, O_2 | Fe_{\text{край}} (+)$ катод
Коррозионные процессы:
 анод (-) : $Fe - 2e = Fe^{2+}$
 катод (+) : $O_2 + 2H_2O + 4e = 4OH^-$

Продукты коррозии :
 $2Fe^0 + O_2 + 2H_2O = 2Fe^{2+} + 4 OH^- = 2Fe(OH)_2 \downarrow$
 серо-зеленый осадок
 $4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3 \downarrow$
 желто-коричневый осадок
 $Fe(OH)_3 = FeOOH \downarrow + H_2O$
 бурая ржавчина

Рисунок 1 – Опорная схема механизма коррозии металла под каплей 3 % раствора NaCl; образование пары дифференциальной аэрации

Итак, применение разработанной методики преподавания коррозии металлов по курсу «Химия» с использованием проблемного метода изложения материала и опорных схем по коррозии позволяет студентам быстрее понять и усвоить особенности механизма коррозии металлов, а затем применить полученные знания для изучения предложенной преподавателем проблемы и ее объекта, чтобы выбрать наиболее оптимальные пути решения задачи.

В современных условиях разработанная методика преподавания отражает связь учебной дисциплины «Химия» с проблемами отраслей промышленности, для которых осуществляется подготовка бакалавров и специалистов в Севастопольском государственном университете.

Литература:

1. Корж Е.Н., Яковишин Л.А., Гришковец В.И. Формирование знаний при изучении курса «Химия» посредством использования активных методов обучения и информационных технологий // Булатовские чтения: Материалы IV Международной научно-практической конференции (31 марта 2020 г.): в 7 т.: сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок: Гуманитарные науки. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 7. – С. 131–133.
2. Кудрявцев Т.В. Проблемное обучение – понятие и содержание // Вестник высшей школы. – 1984. – № 4. – С. 31–34.
3. Корж Е.Н. Коррозия и защита металлов от коррозии: метод. пособие. – Севастополь : СевГУ, 2017. – 63 с.

References:

1. Korzh E.N., Yakovishin L.A., Grishkovets V.I. The formation of knowledge in the study of the course «Chemistry» through the use of active teaching methods and information technology // Bulatov Readings: Proceedings of the IV International Scientific-Practical Conference (March 31, 2020): in 7 vols: collection of articles / edited by Dr. of Technical Sciences, Professor O.V. Savenok: Humanities. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 7. – P. 131–133.
2. Kudryavtsev T.V. Problem Teaching – the concept and content // Bulletin of Higher School. – 1984. – № 4. – P. 31–34.
3. Korzh E.N. Corrosion and protection of metals from corrosion: method. manual. – Sevastopol : SevSU, 2017. – 63 p.



УДК: 004.942

ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ КАК СРЕДСТВА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ И СОВРЕМЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ОПЕРАТОРОВ ХИМИКОВ-ТЕХНОЛОГОВ

STRENGTHENING PIPELINE BRANCHES WITH HELP REINFORCEMENT ELEMENT FROM POLYCARBAMIDE

Кузнецов Андрей Сергеевич

кандидат технических наук, доцент,
кафедра информационных систем в химической технологии,
МИРЭА – Российский технологический университет,
институт тонких химических технологий
askuznetsov@mitht.ru

Корнюшко Валерий Федорович

доктор технических наук, профессор,
кафедры информационных систем в химической технологии,
МИРЭА – Российский технологический университет,
институт тонких химических технологий

Аннотация. Рассмотрены вопросы, касающиеся разработки средств обучения инженеров-технологов в практике их производственной деятельности. Показана целесообразность создания системы непрерывного профессионального обучения с использованием комплекса информационных систем, включающих имитационные модели. Применение таких информационных систем позволяют инженеру-технологу совершенствовать подходы к принятию решений в сложной технологической обстановке, когда управленческие решения неоднозначны и могут быть недостаточно эффективными, приводя к образованию брака продукции. Такой подход особенно эффективен в системе дополнительного непрерывного профессионального обучения и представляет собой расширенную модель информационной поддержки для оптимизации принятия решений на производстве.

Предложена модель алгоритмической и информационной поддержки, основанная на интеллектуальной системе управления на основе комплексного анализа технологической информации, базе данных основной технологической информации. Данная интеллектуальная информационная система является программной средой для дополнительного профессионального обучения операторов инженеров – технологов и одновременно – одним из инструментов для оптимизации управления химико-технологическими процессами на производстве.

Ключевые слова: имитационная модель, средства информационной поддержки, профессиональное обучение, принятие решений.

Kuznetsov Andrey Sergeevich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Department of Information Systems in
Chemical Technology,
MIREA – Russian Technological University,
Institute of Fine Chemical Technology
askuznetsov@mitht.ru

Kornyushko Valery Fedorovich

Doctor of Technical Sciences, Professor
Department of Information Systems in
Chemical Technology,
MIREA – Russian Technological University,
Institute of Fine Chemical Technology

Annotation. Issues related to the development of training tools for process engineers in the practice of their production activities are considered. The expediency of creating a system of continuous professional education using a complex of information systems, including simulation models, is shown. The use of such information systems allows the process engineer to improve approaches to decision-making in a complex technological environment, when managerial decisions are ambiguous and may not be effective enough, leading to product defects. This approach is especially effective in the system of additional continuous vocational training and represents an extended model of information support to optimize decision making in production.

A model of algorithmic and information support based on an intelligent control system based on a comprehensive analysis of technological information, a database of basic technological information is proposed. This intelligent information system is a software environment for additional professional training of operators of process engineers and, at the same time, one of the tools for optimizing the management of chemical-technological processes in production.

Keywords: simulation model, information support tools, vocational training, decision making.

Н а сегодняшний день интеллектуальные тренажеры являются основным средством обучения операторов химиков – технологов [1]. Они являются необходимым звеном в формировании уровня специалистов по контролю и управлению химико-технологическими процессами, обеспечивая передачу ценных знаний. Применение имитационных моделей в обучении позволяет в безопасных условиях воспроизвести огромное количество технологических ситуаций на реальном производстве химической продукции, решить задачи их прогнозирования, идентификации, анализа, формирования и, в конечном итоге, выработки и принятия управленческих решений [2]. Предложенная программно-алгоритмическая модель информационной поддержки включает в себя модуль базы данных и базы знаний по контролю и управлению процессом (рис. 1).



Модуль «база знаний» содержит набор производственных правил – инструкций – рекомендаций по принятию решения в данной технологической ситуации. Применение средств информационной поддержки по контролю и управлению химико-технологическими процессами призвано облегчить и ускорить процесс принятия решений в сложной и неоднозначной обстановке.

Система содержит ряд подсистем, из которых далее рассматривается подсистема поддержки управленческих решений.

Подсистема поддержки принятия управленческих решений содержит блок визуализации, базу данных, блок математических моделей и блок подготовки управленческих решений на основе выработанной системы производственных правил (производственных моделей).

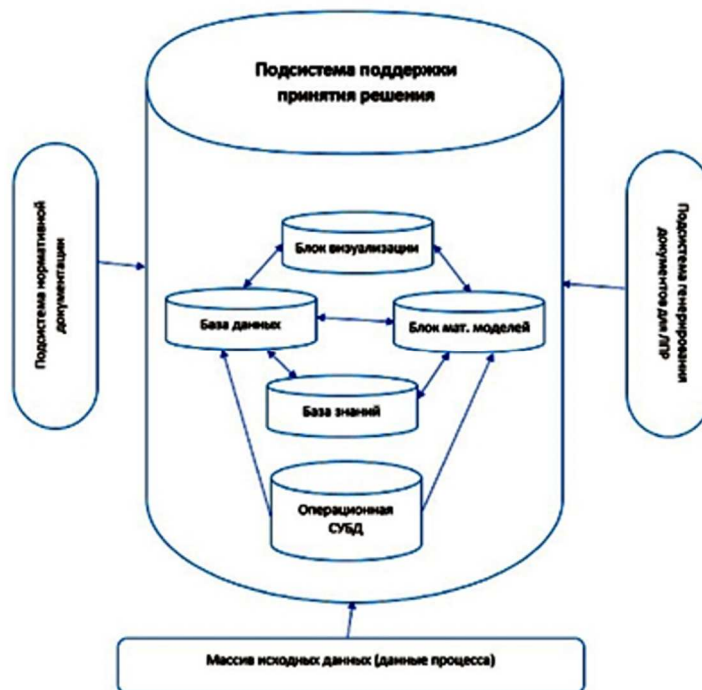


Рисунок 1 – Архитектура интегрированной информационной системы управления химико-технологическими процессами смешения и структурирования эластомерных композитов. Обозначения: ЛПР – лицо, принимающее решения

Основная проблема, с которой сегодня сталкиваются промышленные производители – проблема надлежащей подготовки специалистов по контролю и управлению производственными процессами. В основе безопасной, эффективной и высокопроизводительной работы лежит хорошая подготовка и компетентность операторов. Основные преимущества применения системы обучения операторов-технологов на основе комплекса информационных моделей приведены на рисунке 2:



Рисунок 2 – Преимущества внедрения комплекса информационных моделей для обучения операторов-технологов



Предложенная модель обучающего комплекса направлена на выработку, закрепление и углубление профессиональных знаний и практических навыков по контролю и управлению химико-технологическими процессами.

Управление в химико-технологических процессах трактуется как направленное воздействие на химико-технологическую систему производства продукции, которое обеспечивает поддержание оптимальных параметров данного процесса [11].

Дополнительное непрерывное профессиональное обучение инженеров-технологов – крайне важная задача. Профессионализм оператора – технолога в значительной степени определяется своевременностью и точностью принятия решений по контролю и управлению производственными процессами. При этом важную роль играет интеллектуальная система информационной поддержки. Наиболее эффективным вариантом является программный комплекс – тренажер на основе интеллектуальной информационной системы управления на основе сформированной базы знаний (системы производственных правил), построенных на основе анализа накопленной технологической информации. Блок математических моделей позволяет получить набор количественных характеристик, описывающих различные стадии переработки исходного сырья в готовую продукцию, что значительно облегчает процесс принятия решений при различных технологических ситуациях на производстве.

Литература:

1. Запасная Л.А. Интеллектуальная автоматизированная система подготовки химиков-технологов : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2014. – 20 с.
2. Разработка автоматизированных лабораторных комплексов: учеб. пособие / А.Ф. Егоров [и др.]. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2006. – 176 с.
3. Егоров А.Ф., Савицкая Т.В., Запасная Л.А. Междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для многоуровневой подготовки химиков-технологов // Открытое образование, 2012. – № 6. – С. 20–33.
4. Реологические и вулканизационные свойства эластомерных композиций / И.А. Новаков [и др.]. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2008. – 332 с.
5. Monsanto Rheometer 100, Description and application. Technical Bulletin № IS-1. – P. 18.
6. Новаков И.А., Новопольцева О.М., Кракшин М.А. Методы оценки и регулирования пластозластических и вулканизационных свойств эластомеров и композиций на их основе. – М. : Химия, 2000. – 240 с.
7. Coughanowr D. Process Systems Analysis and Control McGraw-Hill Science // Engineering/Math; 2 edition. – 1991. – 640 p.
8. Кузнецов А.С., Агаянц И.М., Овсяников Н.Я. Модификация осей координат при количественной интерпретации реометрических кривых // Тонкие химические технологии. – 2015. – № 2. – С. 67–70.
9. Кузина Е.В. Разработка математического обеспечения экспертной обучающей системы подготовки операторов химических производств : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1996. – 22 с.
10. Рылов С.А. Разработка компьютерных информационных тренажеров на основе технологий виртуализации : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2011. – 20 с.
11. Мешалкин В.П. Экспертные системы в химической технологии. – М. : Химия, 1995. – 367 с.
12. ISO 6502 Rubber–Measurement of vulcanization characteristics with rotorless curemets. Second edition, 1991.
13. Уральский М.Л., Горелик Р.А., Буканов А.М. Контроль и регулирование технологических свойств резиновых смесей. – М. : Химия, 1983. – 128 с.
14. Агаянц И.М., Наумова Ю.А., Кузнецов А.С. Анализ корреляционных соотношений в области реометрических исследований резин // Вестник МИТХТ, 2013. – Т. 8. – № 1. – С. 15–19.
15. Кузнецов А.С. Информационная поддержка системы управления технологическим процессом структурирования эластомерных систем с применением реометрических кривых / В.Ф. Корнюшко, И.А. Гончаров, И.М. Агаянц // Прикладная информатика. – 2016. – № 2. – С. 5–12.
16. Кузнецов А.С., Агаянц И.М., Корнюшко В.Ф. Реограмма как инструмент управления технологическим процессом структурирования эластомерных систем // Научно-технические химические технологии – 2015 : сб. тр. науч.-практ. конф. – М. : Изд-во МИТХТ им. М.В. Ломоносова, 2015. – С. 143.
17. Ogunnaike B., Ray W. Process Dynamics, Modeling, and Control Oxford University Press. 1994. – 1296 p.
18. Кузнецов А.С., Корнюшко В.Ф. Информационная поддержка системы управления технологическим процессом структурирования эластомерных систем // Российско-американская научная школа-конференция «Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов» : сб. тр. науч.-практ. конф. – Казань, 2016. – С. 35.

References:

1. Zapasnaya L.A. Intelligent Automated System of Training of Chemical Process Engineers: Ph. Candidate of Technical Sciences. – M., 2014. – 20 p.
2. Development of automated laboratory complexes: tutorial / A.F. Egorov [et al.]. – M. : D. I. Mendeleev Russian Chemical Technology University, 2006. – 176 p.
3. Egorov A.F., Savitskaya T.V., Zapasnaya L.A. Interdisciplinary automated training system based on network technologies for multilevel training of chemical engineers // Open Education, 2012. – № 6. – P. 20–33.
4. Rheological and vulcanizing properties of elastomeric compositions / I.A. Novakov [et al.]. – M. : ICC «Academkniga», 2008. – 332 p.



5. Monsanto Rheometer 100, Description and application. Technical Bulletin № IS-1. – P. 18.
6. Novakov I.A., Novopoltseva O.M., Krakshin M.A. Methods of evaluation and regulation of plastoelastic and vulcanization properties of elastomers and compositions based on them. – M. : Chemistry, 2000. – 240 p.
7. Coughanowr D. Process Systems Analysis and Control McGraw-Hill Science // Engineering/Math; 2 edition. – 1991. – 640 p.
8. Kuznetsov A.S., Aghayants I.M., Ovsiyanikov N.Y. Modification of coordinate axes during quantitative interpreting of rheometric curves // Fine Chemical Technologies. – 2015. – № 2. – P. 67–70.
9. Kuzina E.V. Development of mathematical support for an expert training system for chemical production operators: Ph. Candidate of Technical Sciences. – M., 1996. – 22 p.
10. Rylov S.A. Development of computer information simulators on the basis of virtualization technologies: abstract of Ph. Candidate of Technical Sciences. – M., 2011. – 20 p.
11. Meshalkin V.P. Expert systems in chemical technology. – M. : Chemistry, 1995. – 367 p.
12. ISO 6502 Rubber–Measurement of vulcanization characteristics with rotorless curemetrs. Second edition, 1991.
13. Uralsky M.L., Gorelik R.A., Bukanov A.M. Control and regulation of technological properties of rubber mixtures. – M. : Chemistry, 1983. – 128 p.
14. Agayants I.M., Naumova A.A., Kuznetsov A.S. Analysis of correlation relations in the field of rheometric studies of rubbers // Bulletin of MITHT, 2013. – Vol. 8. – № 1. – P. 15–19.
15. Kuznetsov A.S. Information support of control system of elastomeric systems structuring technological process using rheometric curves / V.F. Korniyushko, I.A. Goncharov, I.M. Aghayants // Applied Informatics. – 2016. – № 2. – P. 5–12.
16. Kuznetsov A.S., Agayants I.M., Korniyushko V.F. Rheogram as a control tool for the technological process of structuring elastomeric systems // Science-intensive chemical technologies – 2015: Proceedings of scientific-practical conference – M. : Publishing house of MITHT named after M.V. Lomonosov, 2015. – P. 143.
17. Ogunnaike B., Ray W. Process Dynamics, Modeling, and Control Oxford University Press. 1994. – 1296 p.
18. Kuznetsov A.S., Korniyushko V.F. Information support for control systems of elastomer systems structuring technological process // Russian-American scientific school-conference «Modeling and optimization of chemical-technological processes». – Kazan, 2016. – P. 35.



УДК 378.147:622.32

ПРИМЕНЕНИЕ ДИДАКТИЧЕСКОГО СИНКВЕЙНА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ ВВОДНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ ТЕМАТИКИ

APPLICATION OF DIDACTIC CINQUAIN FOR STUDYING PROFESSIONAL TERMINOLOGY OF THE INTRODUCTORY DISCIPLINE OF OIL AND GAS THEMATICS

Миклина Ольга Алексеевна

ст. преподаватель
кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и
газовых месторождений и подземной гидромеханики,
Ухтинский государственный технический университет

Корохонько Оксана Михайловна

Старший преподаватель
кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и
газовых месторождений и подземной гидромеханики,
Ухтинский государственный технический университет

Аннотация. Описан опыт применения дидактического синквейна в преподавании дисциплины «Основы нефтегазового промыслового дела» по программе академического бакалавриата. Анализируется роль дидактического синквейна в работе с профессиональной терминологией нефтегазовой тематики.

Ключевые слова: дидактический синквейн, технологическое оборудование или его узел, нефтегазовая тематика, профессиональная терминология.

Miklina Olga Alekseevna

Senior Lecturer,
Department of Development and Operation of
Oil and Gas Fields and Underground
Hydromechanics,
Ukhta State Technical University

Korochonko Oksana Michaylovna

Senior Lecturer,
Department of Development and Operation of
Oil and Gas Fields and Underground
Hydromechanics,
Ukhta State Technical University

Annotation. The experience of using didactic cinquain in the practice of teaching a discipline «Fundamentals of Oil- and Gas-Field Engineering» under the academic bachelor's program is shown. The special role of didactic cinquain in working with professional terminology of oil and gas topics is emphasized.

Keywords: didactic cinquain, technological equipment or its unit, oil and gas topics, professional terminology.

Педагогами в настоящее время активно используются различные приёмы, способные помочь обучающемуся в работе с учебным материалом предмета или дисциплины. К таким приёмам относится дидактический синквейн, который может быть использован, например, в изучении профессиональной терминологии. В представленной работе рассматриваются вопросы использования дидактического синквейна в качестве многофункционального инструмента в изучении профессиональной терминологии дисциплин нефтегазовой тематики на начальном этапе обучения.

В 2019 году вступил в силу новый образовательный стандарт ФГОС 3++ для обучающихся по направлению 21.03.01 Нефтегазовое дело (уровень бакалавр) для профиля «Обслуживание и эксплуатация объектов добычи нефти». В Ухтинском государственном техническом университете вводной дисциплиной нефтегазовой тематики для данного профиля является дисциплина «Основы нефтегазового промыслового дела» (далее по тексту – ОНГД), по завершении которой у обучающихся формируются определённые компетенции. Формирование данных компетенций начинается с овладения профессиональной терминологией, чтобы работать с учебным материалом дисциплины для его изучения.

Основной задачей в изучении вводных дисциплин нефтегазовой тематики является получение базовых знаний по основным производственным технологиям, позволяющих функционировать любой технологический процесс в осуществлении добычи нефти и газа. Понятно, что для этого используется специальное технологическое оборудование, представляющее собой набор деталей, частей, элементов, устройств, приборов, агрегатов и пр. (далее по тексту – узел). Любое технологическое оборудование или его узел выполняет свою определённую функцию, имеет своё определённое место в технологической цепочке, уникальный внешний вид и внутреннюю конструкцию, а также имеет своё уникальное название. В этой связи в учебном тексте для описания основного технологического оборудования или его узла используется различного рода профессиональная терминология, понятная для профессионалов. Поэтому для освоения учебного материала вводных дисциплин нефтегазовой тематики и его понимания необходимо знание терминологии.

Исследования, проведённые педагогами по применению синквейн метода при изучении гуманитарных предметов (Т.Ю. Айкина, Л.А. Берендяева, М.Л. Варлакова, Е.А. Горлова, Ж.Т. Ермакова, О.В. Журавлёва, И.В. Конева, А.И. Сергеева и др.) показывают, что он позволяет обучающемуся обобщать, классифицировать, анализировать и систематизировать полученные знания. В изучении технических предметов нашел применение дидактический синквейн, который отличается тем, что из-



менены часть правил его заполнения. Например, изменяется количество слов в одной (нескольких) строчке (строчках), заменяются заданные части речи на другие, текстовая часть строчек основывается на содержательной заданности каждой строчки. Данный синквейн используется на этапе рефлексии и контроля знаний (У.М. Ашим, Л.Л. Куулар, В.А. Черемных).

Применение дидактического синквейна для понимания профессиональной терминологии, например, ОНГД можно аргументировать схемами его строчек. В первой строчке записывается тема синквейна в виде существительного, являющийся значением термина. Исходя из контекста учебного материала заполняются строчки, в тексте которых вводятся слова для описания темы (два-три прилагательных), для описания действия (три-четыре глагола или деепричастия), ключевая фраза к теме синквейна, а на последней строчке слово, относящееся к теме синквейна в виде синонима [1, с. 7; 2, с. 5; 4, с. 11].

Выполняя работу по заполнению дидактического синквейна, например, в описании технологического оборудования или его узла, обучающийся выполняет определённые действия, такие как выделение целого, выявление различий существенных связей объектов, осознание связи между объектами и т.п. По результатам заполнения дидактического синквейна можно оценить уровень освоения принципов работы технологического оборудования или его узла. Это осуществляется в зависимости от того, какими словами студент описывает узлы, насколько правильно определяет его функциональность или место в технологической цепочке. Другими словами, дидактический синквейн данном случае будет являться инструментом для проверки понимания изучаемого материала на практическом занятии учебного материала.

Первый опыт применения дидактического синквейна нами был использован в изучении профессиональной терминологии дисциплины ОНГД [3]. Была определена структура синквейна и содержание каждой строчки в описании технологического оборудования или его узла. Работа над составлением синквейна проводится на практических занятиях либо индивидуально, либо в группе, в зависимости от желания обучающегося. По завершении работы над составлением дидактического синквейна рассматриваются все варианты заполнения и после обсуждения исправляются ошибки в его заполнении.

Использование дидактического синквейна в виде задания «Заполнить неполный синквейн» также можно использовать в качестве промежуточного и рубежного контроля, например, для проверки знаний профессиональной терминологии в описании технологического оборудования или его узла. Обучающемуся при определении отсутствующей части такого задания необходимо выполнить анализ текста заполненных строчек, его обобщить, выдвинуть первоначальные гипотезы (предположения) названия технологического оборудования или его узла (одно, два, три и более), выделить основные общие и отличительные характеристики или элементы и т.д.

Правильно выполненное задание позволяет проверить знание обучающегося профессиональной терминологии, определить осознание назначения оборудования или его узла, а также знание его названия (профессиональная терминология), что будет способствовать формированию необходимых компетенций. Поэтому можно сказать, что заполнение неполного дидактического синквейна является инструментом для определения сформировавшихся знаний, а также показателем способности обучающегося к выполнению анализа и синтеза информации в каждой строчке.

Литература:

1. Афимова Е.Б. Дидактический синквейн как многофункциональный инструмент в работе преподавателя университета [Текст] // Вестник Новгородского государственного университета. – 2013. – Т. 2. – № 74. – С. 7–9.
2. Ермекова Ж.Т. Синквейн на занятиях профессионального русского языка. – URL : <http://repository.enu.kz/bitstream/handle/123456789/3894/ermekova.pdf?sequence=1> (Режим просмотра 13.03.2021 г.)
3. Миклина О.А., Корохонько О.М. Структура синквейна и ее применение в изучении пропедевтических дисциплин нефтегазовой тематики // Международная научно-практическая конференция Коммуникации. Общество. Духовность – 2018 [Текст] : в 5 ч. : материалы XVIII Международной научно-практической конференции (26–27 апреля 2018 г.). Ч. 2 / под общ. ред. С.В. Шиловой. – Ухта : УГТУ, 2018. – С. 183–188.
4. Сергеева А.И., Купершлаг И.Г. Возможности синквейна в развитии рефлексивных способностей будущих бакалавров дефектологического образования // Вестник ТГПУ (TSPUBulletin). – 2015. – № 6 (159). – С. 9–16.

References:

1. Afimova E.B. Didactic syn-Queen as a Multifunctional Tool in the Work of University Teacher [Text] // Bulletin of Novgorod State University. – 2013. – Vol. 2. – № 74. – P. 7–9.
2. Ermekova J.T. Syntheses in classes of professional Russian language. – URL : <http://repository.enu.kz/bitstream/handle/123456789/3894/ermekova.pdf?sequence=1> (View mode 13.03.2021).
3. Miklina O.A., Korokhonko O.M. Synthesis structure and its application in the study of propaedeutic disciplines of oil and gas subjects // International scientific-practical conference Communications. Society. Spirituality – 2018 [Text] : in 5 p. Materials of XVIII International scientific-practical conference (26–27 April 2018). Part 2 / ed. by S.V. Shilova. – Ukhta : UGTU, 2018. – P. 183–188.
4. Sergeeva A.I., Kuperschlag I.G. Opportunities of syn-Queen in the development of reflexive abilities of future bachelors of defectological education // Bulletin of TSPU (TSPUBulletin). – 2015. – № 6 (159). – P. 9–16.



УДК 1174

НОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ УЧЕБНЫХ ЗАДАНИЙ

REGULATION OF INFORMATION DURING THE PREPARATION OF LEARNING TASKS

Пыжьянов Ю.Б.Уральский государственный лесотехнический университет
pyjjanov@mail.ru**Аннотация.** В статье рассмотрены с учетом представлений о работе мозга и организации памяти правила нормирования входной информации для учащихся.**Ключевые слова:** информационная технология, память, синопсис, бит.**Pyzhyanov Yu.B.**Ural State Forestry University
pyjjanov@mail.ru**Annotation.** The article considers, taking into account modern ideas about the work of the brain and the organization of memory, the rules for standardizing input information for students.**Keywords:** information technology, memory, synopsis, bit.

Преподаватель при подготовке учебных заданий [5], где технология программированного обучения и контроля знаний имеет предметом и результатом труда информацию, а орудием – компьютер, использует при обучении технические учебные курсы. Организация информационных образовательных технологий предполагает базовые процессы, передача, обработка, организация хранения и накопления данных, формализация и автоматизация знаний. Выделяют: компьютерные обучающие программы, интеллектуальные и обучающие экспертные системы, распределенные базы данных по отраслям знаний, средства телекоммуникации, локальные и региональные сети связи, сети обмена данными; электронные библиотеки. Определяющим является наличие информационных ресурсов и изучение способов и путей нормирования информации, где средства обучения обеспечивают передачу учебной информации, иллюстрируют и подтверждают сформулированные теоретические положения и выводы.

Исследования мозга [1, 2] свидетельствуют, что процессы обучения, запоминания и хранения информации осуществляются передними областями лобной коры, височной и теменной корой, мозжечком, подкорковыми узлами, миндалиной, гиппокампом, неспецифической системой мозга. Основным хранилищем памяти большинство исследователей считают височную и теменную кору больших полушарий.

Система регуляции памяти имеет иерархическое строение, и полное обеспечение функций и процессов памяти возможно при условии функционировании всех ее звеньев. Память следует понимать, как системное свойство всего мозга, [3] который не приспособлен для обработки миллиардов битов информации, для чего находятся фильтры, защищающие его от перегрузок и контролирующие поток информации таким образом, что за 1 секунду поступает около 2000 битов. (256 байт). Информация из органов чувств (сенсорная) поступает в мозг и направляется: в префронтальную кору, «мозг мыслящий», который сознательно реагирует на информацию и обрабатывает ее; или в более древние отделы – «мозг реагирующий» или подкорка; который воспринимает информацию инстинктивно.

Префронтальная кора занимает 17 % вашего мозга, остальное приходится на «мозг реагирующий». Когда нет негативных эмоций, вы спокойны, а уровень заинтересованности высок, то в «мозг мыслящий» поступает самая ценная информация. Когда вы встревожены, расстроены, неудовлетворены или утомлены, мозговые фильтры проверяют информацию, поступившую из окружающего мира через органы чувств в ваш «мозг реагирующий». Мозговые системы реагирования совершают над информацией одно из трёх действий:

- игнорируют её;
- сопротивляются ей вследствие негативного опыта (отправляя сигнал, который может стать причиной неуместного поступка);
- избегают её (вынуждая предаваться мечтам и грёзам).

Если информация направляется в «мозг реагирующий», вероятность, что ваш мозг объективно обработает или запомнит её, крайне мала. За новой информацией помогают следить три основных элемента:

- ретикулярная активирующая система (РАС);
- лимбическая система;
- трансмиссер дофамин.



Первым фильтром, через который проходят данные, является ретикулярная активирующая система, которая располагаясь в нижней задней части вашей мозговой системы, получает входящую информацию по нервам из органов чувств, которые идут от нервных окончаний ваших глаз, ушей, рта, лица, кожи, мышц и внутренних органов и встречаются в верхней части вашего спинного мозга. Эти сенсорные сообщения должны передаваться через РАС, чтобы получить допуск в «мыслящий» мозг. Вы будете учиться успешно, если сможете держать фильтры РАС открытыми потоку информации, который вы стремитесь впустить в свою префронтальную кору. Если вы сконцентрируетесь на входящих сенсорных данных, очень ценных и требующих внимания в тот момент, важная информация попадет в ваш «мозг мыслящий». Если вы переживаете потрясение, «мозг реагирующий» будет брать управление на себя. При этом то на чём вы концентрируетесь и что запоминаете, выйдет из-под вашего контроля. В этом разница между рефлексией и реагированием на окружающий вас мир. Ключ к созданию оптимального рабочего состояния мозга кроется в поддержании вашего физического здоровья и хорошем отдыхе, а также в способности осознавать и контролировать свои эмоции.

После того, как вошедшая из органов чувств информация проходит через РАС, она направляется в сенсорный принимающий центр мозга. Новая информация, которая стала воспоминанием, в итоге попадает на хранение в сенсорную зону коры, расположенную в долях мозга, где проходит анализ данных от органов чувств. Эти данные должны пройти через эмоциональный центр вашего мозга – лимбическую систему, где миндалина и гиппокамп оценивают эту информацию с точки зрения пользы для вашего физического выживания или для получения удовольствия.

Миндалина (рис. 1) работает как центральная железнодорожная станция. Эта система прокладывает маршрут для информации, руководствуясь вашим эмоциональным состоянием. Когда вы переживаете негативные эмоции: страх, тревогу или даже скуку – фильтры вашей миндалины принимаются за переработку ценных питательных веществ вашего мозга и кислорода. Это погружает мозг в режим выживания, что блокирует вход новой информации в вашу префронтальную кору.

Рядом с миндалиной находится гиппокамп (рис. 1). Здесь мозг связывает недавно поступившую информацию с памятью о вашем прошлом и со знаниями, которые уже хранятся в долговременной памяти, чтобы создать новые реляционные отсеки памяти (реляционная память отвечает за способность связывать между собой различные элементы события). Префронтальная кора содержит высоко развитую сеть нейронных связей, которая обрабатывает новую информацию – это исполнительная (эффекторная) функция, включающая вынесение суждений, анализ, систематизацию, решение проблем, планирование и творческие способности.

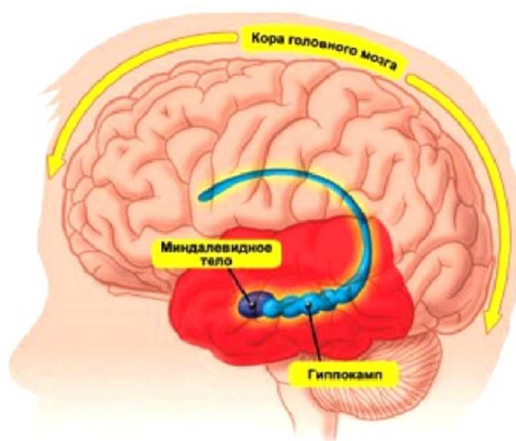


Рисунок 1

Нейронная сеть, отвечающая за исполнительную функцию, может преобразовывать воспоминания кратковременной реляционной памяти в воспоминания долговременной памяти. Когда вы сконцентрированы и находитесь в позитивном состоянии, исполнительная функция может более успешно организовывать недавние воспоминания в знания, хранящиеся в долговременной памяти. Нервные клетки (нейроны) перемещают информацию в область воспоминаний, пересылая сообщения другим нейронам при помощи ответвлений, называемых аксонами и дендритами, которые соприкасаются почти с каждым соседним нейроном. Нужно множество связей между нейронами, чтобы каждая крохотная единица информации одного нейрона взаимодействовала с другим. В результате все эти единицы окончательно складываются воедино, образуя память. Когда вы занимаетесь повторением или упражняетесь в том, что уже прошли, дендриты прорастают между нервными клетками и формируется память.



Дофамин – один из нейротрансмиттеров нашего мозга (трансммиттеры – это химические передатчики сигналов между нейронами и от нейронов на эффекторные (исполнительные) клетки). Новая информация путешествует от одного нейрона к другому подобно крохотным электрическим разрядам, в случае с электричеством, чтобы передать ее, необходима «электропроводка», но между ответвлениями, которые соединяют нервные клетки, существуют зазоры, называемые синапсами (синаптическая щель), и в этих зазорах нет никаких проводов. Химические нейротрансмиттеры, подобные дофамину, переносят электрические сообщения через синаптическую щель от одного нейрона к другому, что является решающим для активности мозга, который обрабатывает новую информацию. Мозг выделяет избыточное количество дофамина, когда вы получаете приятный опыт. Положительные эмоции являются причиной, по которой дофамин попадает в большее число участков мозга, активируются дополнительные нейроны и расширяется сеть нейротрансмиттеров, таких как ацетилхолин (АХ), который усиливает внимательность и концентрацию, память и исполнительные функции в префронтальной коре.

В публикации материала американских неврологов [4] на тему измерения емкости памяти головного мозга человека, объяснены механизмы, особенности, функциональность, структурные взаимодействия и особенности в работе памяти. Используются данные Савельева С.В., доктора биологических наук, профессора, заведующего лабораторией развития нервной системы Института морфологии человека РАН.

Мозг [4] есть самый энергозатратный орган в человеческом организме. При весе 1 / 50 от массы тела он потребляет 9 % энергии всего организма в спокойном состоянии, например, когда вы лежите на диване и 25 % энергии всего организма, когда вы активно начинаете думать. В силу большой энергозатраты мозг хитер и избирателен, любой энергозависимый процесс невыгоден организму, без крайней биологической необходимости такой процесс поддерживаться не будет и мозг любыми способами старается экономить ресурсы организма.

Память – это функция нервных клеток. У памяти нет отдельной, пассивной энергозатратной локализации, чтобы она могла восстановиться, но этого не происходит, что означает динамичность памяти и постоянные энергозатраты на ее поддержание. Известно, в памяти информация хранится разное время, существуют такие понятия как долговременная и кратковременная память. События и явления быстро забываются, если не обновляются и не повторяются. Информация определенным образом удерживается, но в отсутствии востребованности исчезает. Память – энергозависимый процесс. Нет энергии – нет памяти. Следствием энергозависимости памяти является нестабильность ее содержательной части. Счета времени у памяти нет, но его заменяет скорость забывания. Память о любом событии уменьшается обратно пропорционально времени. Через час забывается $\frac{1}{2}$ от всего попавшего в память, через сутки – $\frac{2}{3}$, через месяц – $\frac{4}{5}$.

Учёные-нейробиологи [4] изучили характеристики нейронных связей, и выяснили, что информационная ёмкость мозга во много раз выше, чем считалось ранее. Объём информации в компьютере можно измерить с помощью количества бит (0 или 1), которые могут храниться и быть считанными. В головном мозге информация хранится в виде силы синапса. Синапс – место контакта между двумя нейронами, через которое происходит передача нервного импульса, а сила синапса – мера того, насколько активно один нейрон влияет на другой.

Из тела каждой нервной клетки выходят длинные, подобные кабелю ветви – аксоны, и многочисленные короткие ветви, называемые дендритами. Аксоны одних нейронов соединяются с крошечными выступами, или «шипиками» на дендритах других. Каждый нейрон может иметь тысячи синапсов с другими нейронами. Когда два нейрона по обе стороны от синапса активны одновременно, этот синапс становится сильнее. При этом толщина дендритных шипиков также увеличивается, чтобы вместить дополнительные молекулярные механизмы, необходимые для поддержания более сильного синапса. Эта возможность изменения силы синапса называется синаптической пластичностью и считается основным механизмом, с помощью которого реализуется память.

Количество различных значений силы может быть измерено в битах, полная ёмкость памяти мозга зависит от количества синапсов и количества различимых сил синапса. Нейробиологи [4] пришли к выводу, что объём информации человеческого мозга может быть на порядок выше (в 10 раз), чем считалось ранее. С помощью современных методов электронной микроскопии учёные построили 3D-модель миниатюрного (размером с кровяную клетку) кусочка ткани гиппокампа (части мозга, отвечающей за память) крысы (рис. 2). Измерения в небольшом кубике мозговой ткани показали, что шаг увеличения силы составляет всего 8 %, и что есть 26 различных размеров дендритных шипиков (рис. 3) или 26 уровней силы синапса или примерно 4,7 бит информации на 1 синапс ($24.7 \approx 26$).

Определив информационную ёмкость отдельного нейрона, можно оценить объём всей человеческой памяти. Открытый принцип хранения информации позволяет сократить энергопотребление, одновременно повышая рабочий объём данных.

Можно сделать простой вывод для преподавателя – информация должна излагаться с учетом силы синапса, от наименьшего до наибольшего значения. Учебная доска с мелом (бит информации)



являются тем минимумом, который в меньшей степени влияет на перегрузку памяти и способствует лучшему усвоению. Следует иметь в виду, что видео имеет поток 500 килобит в секунду, а ученик наиболее активно запоминает в течении первых 20 минут. То есть: 20 минут умножить на 60 секунд и 500 килобит, мы получим 600000 килобит, разделив на 1024 – примерно 600 мегабайт. Задания учащимся необходимо готовить исходя из 26 уровней силы синапса и максимального значения объема информации в 600 мегабайт, от 22 мегабайт до 600 мегабайт на занятие с возрастанием нагрузки на будущее, в пределах 26 учебных заданий.

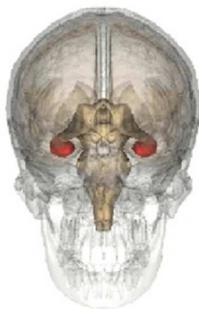


Рисунок 2

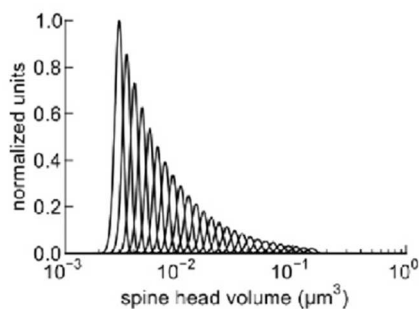


Рисунок 3

Литература:

1. Ашмарин И.П., Стукалова П.В., Ещенко Н.Д. Биохимия мозга: Учеб. пособие. – СПб., 1999.
2. От нейрона к мозгу / Дж.Т. Николс [и др.]. – М. : Изд-во УРСС, 2003.
3. Джуди Уиллис. «Как научить студентов использовать мозг» // Учебное лидерство.
4. URL : <https://elifesciences.org/articles/10778>
5. Семакин И., Ханнер Е. Информатика. – М. : БИНОМ, 2005.

References:

1. Ashmarin I.P., Stukalova P.V., Eschenko N.D. Brain Biochemistry: Textbook. – SPb., 1999.
2. From neuron to brain / J.T. Nichols [et al]. – M. : Publishing House URSS, 2003.
3. Judy Willis. «How to teach students how to use the brain» // Learning Leadership.
4. URL : <https://elifesciences.org/articles/10778>
5. Semakin I., Hanner E. Informatics. – M. : BINOM, 2005.



УДК 378.14

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗНОУРОВНЕВЫХ ЗАДАЧ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

THE USE OF MULTILEVEL PROBLEMS IN THE STUDY OF THE COURSE OF GENERAL PHYSICS IN HIGHER EDUCATION

Савченко Елизавета Викторовна

кандидат педагогических наук
доцент кафедры «Физика»,
Севастопольский государственный университет
globinaliza@mail.ru

Яковисин Леонид Александрович

доктор химических наук, доцент,
профессор кафедры «Химия и химические технологии»,
Севастопольский государственный университет
chemsevntu@rambler.ru

Корж Елена Николаевна

кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры «Химия и химические технологии»,
Севастопольский государственный университет
korzhen-sev@mail.ru

Аннотация. Цель исследования заключалась в оптимизации средств профессиональной подготовки студентов-будущих инженеров при изучении курса общей физики. Задачей исследования было создание классификации задач. В результате исследования рассмотрено применение классификации задач курса общей физики.

Ключевые слова: профессиональная деятельность, инженерная деятельность, задачный подход, курс общей физики.

Savchenko Elizaveta Viktorovna

Candidate of Pedagogical Sciences,
Associate Professor of the
Department of Physics,
Sevastopol State University
globinaliza@mail.ru

Yakovishin Leonid Aleksandrovich

D. Sci., Professor of Chemistry and
Chemical Technologies Department,
Sevastopol State University
chemsevntu@rambler.ru

Korzhen Elena Nikolaevna

Ph. D., Associate Professor of Chemistry and
Chemical Technologies Department,
Sevastopol State University
korzhen-sev@mail.ru

Annotation. The purpose of the study was to optimize the means of professional training of future engineers students when studying a course in general physics. The objective of the study was to create a classification of tasks. As a result of the study, the application of the classification of problems of the course of general physics was considered.

Keywords: professional activity, engineering activity, task approach, general physics course.

По мнению многих авторов, для того, чтобы решить задачу, необходимо многократно преобразовывать условия и требования задачи, что и является этапами решения задачи. «Решающий задачу пытается все время сблизить, столкнуть, сопоставить и соотнести между собой условия и требования, включить их в единую систему отношений, которые в психологии называются основными отношениями задачи» [1–3].

Все преобразования, выполняемые в задаче, называются переформулировками с учетом возникающих идей и вариантов решения. «В зависимости от очередной переформулировки одна и та же задача выступает перед тем, кто ее решает, по-разному и представляет для него не одинаковые трудности, потому что формулировки задачи непременно включают в себя тот или иной ее анализ» [2].

Зная уровень сформированности умения решать физические задачи в группе, а также потенциал каждого студента, преподаватель может корректировать процесс обучения в зависимости от целей, поставленных на практическом занятии, для этого также необходимо определить роль, функции и назначение физических задач, которые тесно связаны с классификацией задач по различным признакам.

Переход преподавателей от пассивной к активной и проблемной форме преподавания, особенно на практических занятиях, значительно увеличивает роль задач в процессе обучения.

Новое переосмысление содержания образования привело к тому, что сейчас знания относятся не только к предметной области, но и представляют собой обучение определенной деятельности, способам мышления, поэтому роль задач в процессе обучения становится несоизмеримо большей.

При решении задач студентам предстоит не только ознакомиться с задачей ситуацией, как с объектом, но и проанализировать, переформулировать ее, добиваясь тем самым определенных поставленных целей.

Рассмотрим применение классификации физических задач и составление плана решения на примере темы «Теплоемкость идеального газа»:

1. Определить по условию задачи, для какого процесса необходимо найти теплоемкость.
2. Выбрать формулу для расчета молярной теплоемкости C .



3. Определить число степеней свободы газа i .
4. При необходимости рассчитать показатель адиабаты.
5. По таблице Менделеева определить молярную массу газа.
6. Записать выражение для определения удельной теплоемкости газа c .
7. Убедиться, что получена замкнутая система уравнений:

На практических занятиях лучше всего рассматривать задачи средней сложности, однако дифференцированный и личностный подход к студентам предполагает решение задач разной сложности в зависимости от подготовки группы в целом и от способностей отдельных студентов.

Таким образом, составление классификации задач по каждой выбранной теме курса общей физики является предпосылкой для создания обобщенных алгоритмов решения, способствуя активизации познавательной деятельности студентов и повышения интереса к изучаемой дисциплине.

Литература:

1. Киселева, О.М. Использование математических методов для формализации элементов образовательного процесса // Концепт. – 2013. – № 2 (18). – С. 51–57.
2. Кравец А.Г., Бобков А.С. Автоматизированное управление практико-ориентированным обучением естественно научным дисциплинам (на примере дисциплины «Физика») // Образовательные технологии и общество. – 2013. – № 3. – С. 521–540.
3. Шкерина Л.В., Панасенко А.Н. Моделирование математической компетенции бакалавра – будущего учителя математики // Инновации в непрерывном образовании. – 2012. – № 4. – С. 59–63.

References:

1. Kiseleva O.M. Using mathematical methods to formalize the elements of the educational process // Concept. – 2013. – № 2 (18). – P. 51–57.
2. Kravets A.G., Bobkov A.S. Automated management of practice-oriented learning essentially scientific disciplines (on the example of the discipline «Physics») // Educational Technologies and Society. – 2013. – № 3. – P. 521–540.
3. Shkerina L.V., Panasenko A.N. Modeling mathematical competence of bachelor – future teacher of mathematics // Innovations in Continuous Education. – 2012. – № 4. – P. 59–63.



УДК 544.4:372.854

ОПОРНЫЕ СХЕМЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКЕ

SUPPORT SCHEMES FOR LABORATORY STUDIES OF CHEMICAL KINETICS

Яковешин Леонид Александрович

доктор химических наук, доцент,
профессор кафедры «Химия и химические технологии»,
Севастопольский государственный университет
chemsevntu@rambler.ru

Корж Елена Николаевна

кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры «Химия и химические технологии»,
Севастопольский государственный университет
korzhen-sev@mail.ru

Савченко Елизавета Викторовна

кандидат педагогических наук,
доцент кафедры «Физика»,
Севастопольский государственный университет
globaliza@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена особенностям методики преподавания химической кинетики на лабораторных занятиях при использовании опорных схем. Показаны преимущества использования такого элемента изобразительной наглядности при обучении химии.

Ключевые слова: химическая кинетика, опорные схемы.

Yakovishin Leonid Aleksandrovich

D. Sci., Professor of Chemistry and
Chemical Technologies Department,
Sevastopol State University
chemsevntu@rambler.ru

Korzhen Elena Nikolaevna

Ph. D., Associate Professor of Chemistry and
Chemical Technologies Department,
Sevastopol State University
korzhen-sev@mail.ru

Savchenko Elizaveta Viktorovna

Ph. D., Associate Professor of
Physics Department,
Sevastopol State University
globaliza@mail.ru

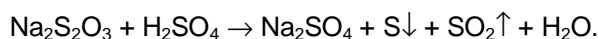
Annotation. This article provides to the peculiarities of the methodology of teaching of chemical kinetics on laboratory studies using support schemes. The advantages of using such an element of visual clarity in teaching chemistry are shown.

Keywords: chemical kinetics, support schemes.

Лабораторный практикум играет ключевую роль при обучении химии [1]. Однако у некоторых студентов первого курса, изучающих дисциплину «Химия», отсутствуют базовые школьные навыки обращения с реактивами и работы с химической посудой и простейшим оборудованием. Некоторые студенты путаются в названиях и формулах веществ, а это еще больше осложняет ситуацию.

Известным универсальным дидактическим принципом обучения является наглядность [2, 3]. Она позволяет воспринимать информацию легче и быстрее, чем представленную в словесной или устной форме. Сочетая элементы изобразительной наглядности (например, опорные схемы) с натурным химическим экспериментом, удается существенно повысить качество образовательного процесса и нивелировать недостаточность базовых знаний по химии.

К одним из важных разделов курса химии относится химическая кинетика. Традиционно лабораторные занятия по влиянию различных факторов на скорость химической реакции рассматривают на примере взаимодействия тиосульфата натрия с серной кислотой:



Изучая закономерности данной реакции, обучающиеся тренируют внимательность, наблюдательность и аккуратность. Кроме того, на занятии применяются элементы математической обработки результатов (расчет относительной скорости реакции и пр.). При этом реализуются межпредметные связи химии и математики.

Для улучшения восприятия учебной информации нами разработаны опорные схемы (рис. 1), которые используются при проведении лабораторных занятий по изучению химической кинетики. На таких схемах изображены основные этапы проведения химического эксперимента, включающие изображения химической посуды, формулы веществ и их количества, а также приведены необходимые пояснения и рекомендации.

На основе предложенных схем студенты получают предварительную подготовку к натурному эксперименту. Они могут представить и оценить основные этапы проведения опытов и актуализировать правила техники безопасности при обращении с реактивами и стеклянной химической посудой.

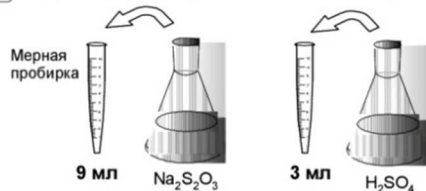


При этом преподаватель еще до проведения опытов может обратить внимание обучающихся на ключевые моменты предстоящего эксперимента. Таким образом, студенты получают наглядную технологическую карту для осуществления химических экспериментов.

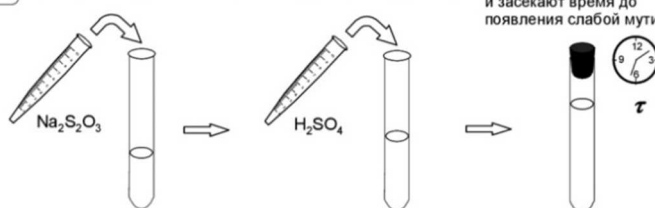
Опыт показал, что такая форма зрительной наглядности позволяет существенно облегчить и ускорить восприятие учебной информации. В результате этого удастся существенно повысить качество обучения основам химической кинетики на лабораторных занятиях.

Первая часть опыта

1 Подготовка необходимых объемов растворов веществ



2 Смешивание реактивов и наблюдение помутнения



Вторая часть опыта

1 Подготовка необходимых объемов растворов веществ



2 Смешивание реактивов и наблюдение помутнения



Третья часть опыта

1 Подготовка необходимых объемов растворов веществ



2 Смешивание реактивов и наблюдение помутнения



Рисунок 1 – Опорная схема по изучению влияния концентрации на скорость химической реакции $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и H_2SO_4

**Литература:**

1. Яковишин Л.А. Практикум по химии: учеб.-метод. пособие по дисциплине «Химия» для студентов дневной и заочной форм обучения технических специальностей. – Севастополь : СевГУ, 2018. – Ч. 1. – 55 с.
2. Гайфутдинов А.М., Гайфутдинова Т.В. Наглядность как принцип обучения в истории отечественной педагогики // Russian Journal of Education and Psychology. – 2018. – Т. 9. – № 1. – С. 108–118.
3. Усольцев А.П., Шамало Т.Н. Наглядность и ее функции в обучении // Педагогическое образование в России. – 2016. – № 6. – С. 102–109.

References:

1. Yakovishin L.A. Practicum in chemistry: textbook on the discipline «Chemistry» for students of full-time and part-time forms of training of technical specialties. – Sevastopol : SevSU, 2018. – Part 1. – 55 p.
2. Gaifutdinov A.M., Gaifutdinova T.V. Visibility as a learning principle in the history of domestic pedagogy // Russian Journal of Education and Psychology. – 2018. – Vol. 9. – № 1. – P. 108–118.
3. Usoltsev A.P., Shamalo T.N. Visibility and its functions in learning // Pedagogical Education in Russia. – 2016. – № 6. – P. 102–109.



ЭКОНОМИКА

ECONOMICS

УДК 332.025

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ АЗЕРБАЙДЖАНА

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE GAS INDUSTRY IN AZERBAIJAN

Гасумов Эльдар Рамизович

кандидат экономических наук, доцент,
Азербайджанский Университет нефти и промышленности

Gasumov Eldar Ramizovich

Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor,
Azerbaijan University of Oil and Industry

Аннотация. В статье рассмотрено перспективы развитие газовой отрасли Азербайджана. Изложены состояние освоения новых газоконденсатных месторождений на каспийском шельфе, современное состояние действующих международных трубопроводов для транспортировки азербайджанского газа в европейский рынок, перспективы экспорта газа из стран Каспийского региона в Европу по территории Азербайджана. Приведены основные преимущества становления Азербайджана регионального энергетического моста между каспийским регионам и Европой.

Annotation. The article discusses the prospects for the development of the gas industry in Azerbaijan. The state of development of new gas condensate fields on the Caspian shelf, the current state of the existing international pipelines for transporting Azeri gas to the European market, and the prospects for exporting gas from the Caspian region to Europe through the territory of Azerbaijan are stated. The main advantages of Azerbaijan's formation of a regional energy bridge between the Caspian regions and Europe are presented

Ключевые слова: газовая отрасль, газоконденсатные месторождения, трубопровод, добыча газа, транспортировка, углеводород.

Keywords: gas industry, gas condensate fields, pipeline, gas production, transportation, hydrocarbon.

Мировой рынок природного газа среди энергоносителей один из наиболее динамично развивающихся. За двадцать лет прирост добычи и потребления природного газа в мире составил более 70 %. Газовая отрасль вписывается в общую ресурсно-инновационную стратегию развития Азербайджана, цель которой за счет использования природно-ресурсного потенциала государства стимулировать качественное развитие инновационных процессов смежных и обслуживающих отраслей экономики в стране. Газовая отрасль Азербайджана представлена совокупности предприятий и производственных комплексов, технологически, экономически и организационно связанных между собой, которые охватывает систему процессов, таких как: разведка месторождений углеводородов (УВ) на суше и морском шельфе, их эксплуатацию, переработку, а также хранение природного газа, его транспортировку по внутренним и международным газопроводам и переработку [1].

Газовая отрасль Азербайджана является самая молодая и быстро развивающаяся отрасль топливно-энергетического комплекса (ТЭК) страны, занимается добычей, транспортировкой, хранением, распределением природного газа и являются одним из основных источников формирования доходов государственного бюджета, выдерживая жесткую конкуренцию на мировом рынке.

Годовой объем добычи природного газа в Азербайджане за последний 10 лет имел динамику роста от 17,7 млрд куб. м в 2011 году, до 37,2 млрд куб. м в 2020 году (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика показателей газовой отрасли Азербайджана

Показатели, млрд куб. м	годы									
	2006	2010	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2022
Производство газа	6,8	24,7	28,1	29,2	29,4	28,6	30,6	35,6	37,2	50,0*
Экспорт газа	0,0	5,5	7,8	7,3	8,0	8,9	7,9	12,5	13,4	–

*прогноз



У Азербайджана серьезные амбиции и в связи с газовыми проектами. В последние три года добыча газа быстро растет, причем она продолжает расти сейчас, несмотря на кризис. В 2020 г. физический объем экспорта имел рост почти на 10 %, а к 2022 г. планируется еще почти на 20 %, но в стоимостном выражении это может и не произойти, поскольку мировые цены не являются стабильным. Основные запасы природного газа Азербайджана концентрированы на шельфе Каспийского море (где глубина море составляет около 100 м) – в гигантском газоконденсатном месторождении (ГКМ) «Шах-Дениз». По оценкам неангажированных международных экспертов, запасы природного газа в месторождении составляет около 1,2 трлн куб. м [2–6].

Международное соглашение на разработку ГКМ «Шах-Дениз» стал вторым после подписанного в 1994 году «Контракт века» с участием 11 компаний («British Petroleum», «Exxon Mobil», «Statoil», «TRAO», «NOCAL», «Devon Energy», «Amerada Hess», «Delta», «Itchu», «Impex») из 7 стран на разработку глубоководной части группа месторождений «АЧГ» (Азери-Чираг-Гюнешли) Азербайджанском секторе Каспии крупным по объему инвестиционных вложений со стороны зарубежных компаний заключенным правительством Азербайджана, которое действует до 2031 года. На начальном этапе в консорциум вошли такие компании, как: норвежская «Statoil», британская «British Petroleum», азербайджанский «SOCAR», российско-итальянская «LukAgip», иранская «NIOC», французская «Total», турецкая «TRAO». Разработка ГКМ «Шах-Дениз» осуществляется в несколько этапов, промышленное добыча началось в 2006 г., в рамках первого фазы освоения (до 2031 г.) намечено добыча 178 млрд куб. м газа и 34 млн т газового конденсата [7–11].

Благодаря резкому увеличению добычи УВ в стране за счет разработки новых месторождений азербайджанском секторе Каспии, значительно изменилась ситуация по газоснабжению и удовлетворению растущих потребностей республики в природном газе. Страна в короткий срок не только избавилась от необходимости импорта, в 2006 г. Азербайджан прекратил импорт газа, который уже достиг объемов 5 млрд куб м в год и впервые стал чистым экспортером [1–3].

В будущем Азербайджан планирует повысить добычу газа за счет ГКМ «Шах-Дениз» и других крупных месторождений расположенных в глубоководных структурах Каспийского шельфа, оцененные прогнозные ресурсы природного газа (в составе нефти, свободные «газовая шапка» и в форме чистого газа) в республике составляет 7,0 трлн куб. м (преимущественно западной части страны, на шельфе Каспия, с учетом информации о реальных запасах таких структур, как «Умид» и «Апшерон», «Бабек», «Нахчыван», «Зафар-Машал» «Шафаг», «Асиман»). В ближайшие десятилетия развитие ресурсной базы Азербайджана связано также с изучением глубоко залегающих горизонтов южных шельфовых структур Каспийского моря. Компании «SOCAR» в рамках контракта с «British Petroleum» удалось выявить крупных ГКМ в геологической структуре глубоководных участках блока «АЧГ», а также прогнозировать наличие крупных месторождений УВ на южных участках Каспийского моря (границе с Ираном), где проводились разведочные работы на нефтегазовом блоке «Араз-Алов-Шарг».

Заглядывая наперед, можно сказать, что существуют дополнительные крупные газовые ресурсы на азербайджанском секторе каспийского шельфа, которые могут разрабатываться на будущих этапах. В результате бурения скважин глубиной свыше 7300 м позволит, открыт новый резервуар с высоким пластовым давлением в более глубокой структуре, чем разрабатываемые в настоящее время. Текущее соглашение о разработке ГКМ «Шах-Дениз» действует до 2030 года, но месторождение имеет достаточный потенциал для того, чтобы оставаться основным источником добычи газа в Азербайджане и после этой даты.

Стратегия развитие газовой отрасли в Азербайджане, также предусматривает совершенствование методы хранения природного газа. С учетом роста добычи природного газа в Азербайджане, планируется создание новой ПХГ для хранения дополнительно до 10 млрд куб м газа, на базе газового месторождения «Бахар». Действующие две ПХГ в республике («Гарадаг» и «Калмас») имеют общую мощность 1,3 млрд куб. м газа [5, 12].

В последнее десятилетие роль Азербайджана в международном энергетическом пространстве возросла. Это обусловлено тем, что ТЭК превратился в важный ресурс внешнеэкономической деятельности государства. Главной задачей энергетической стратегии Азербайджана является увеличение объёмов добычи природного газа и диверсификация рынков сбыта в связи с ростом потребления этого вида топлива в мире.

В результате разработки новых нефтегазовых месторождений и строительства международных трубопроводов, Азербайджан планирует снабжать партнеров природным газом на длительные перспективы и станет важным поставщиком газа на европейском рынке, внося важный вклад в энергетическую безопасность Европы. Республика расположена в регионе Каспийского моря и может стать надёжным поставщиком газа европейским потребителям не только за счет собственных газовых ресурсов, а также за чет транспортировки УВ из прикаспийских стран и Ближнего Востока.

Начало работ на втором этапе разработки ГКМ «Шах-Дениз» показали, насколько важными являются прозрачные схемы транспортировки для реализации потенциала каспийского природного газа. Азербайджан в 2006 году запустил Южный газовый коридор (SGC), по которому газ из каспийского



шельфа транспортируется в Европу, до Италии, с перспективой возможности вовлечения новых ресурсов, в т.ч. из месторождений стран каспийского региона и Ближнего Востока. Проект состоит из трех частей: Южно-Кавказский газопровод (SCPx) – идущего по территории Азербайджана и Грузии до границы с Турцией; Трансанатолийский трубопровод (TANAP) – идущего по территории Турции; Трансадриатический (TAP) – проходящего по территории Греции, Албании и Италии (рис. 1). Существующая ветка «SGC» стал частью «Nabucco», и по нему газ через Турцию и Грецию поступает в Италию и другие европейские страны. Дополнительным газовым ресурсом для данного газопровода может стать Туркменистан, Иран и Ирак, а также при определенных условиях Россия и Казахстан [1–6, 16–19].

По некоторым источникам, первоначальная пропускная способность трубопровода «Nabucco» (31 млрд куб. м) может быть скорректировано, а мощность газопровода «TANAP» позволит ему поставлять 10 млрд куб м газа в год на европейские рынки и ещё 6 млрд куб. м в год на внутренние нужды Турции.

Покупателями газа «SGC» станут 9 европейских компаний: англо-голландская «Shell», болгарская «Bulgargas», греческая «DEPA», немецкая «Uniper», французская «Engie», итальянская «Ena Trading», «Edison» и «Enel» и швейцарская «Axpo». В перспективе Азербайджан и Турция рассматривает возможности использование «SGC» для транзита газа из Ирака, Израиля и Кипра. Израиль и Турция выразили намерение, возможность построить в будущем газопровод, который свяжет израильские газовые месторождения «Leviathan» и «TANAP» [2, 10, 11, 16].



Рисунок 1 – Проект «Южный газовый коридор» (SGC)

Азербайджан начал (31 декабря 2020 г.) коммерческие поставки природного газа в Европу по «TAP», который является частью «SGC». Поставки рассчитаны на 25 лет и предусматривают экспорт более 10 млрд куб. м в год азербайджанского газа в Европу: 8 млрд куб. м будет получать Италия, 2 млрд куб. м – поровну Греция и Болгария, а остальные объемы пойдут на «прилегающие рынки».

География поставок азербайджанского газа увеличится: спрос на природный газ уже сегодня вдвое превышает объемы, прогнозируемые по проекту «SGC», требуется развитие новых газопроводов от Апшеронского полуострова в европейский рынок и внутри Юго-Восточной Европы. География поставок расширится после строительства Ионического-Адриатического трубопровода (IAP), выводящего газ на рынки Албании, Черногории, Боснии и Герцеговины, а также Хорватии. Кроме того, есть возможность через Болгарию, за счет строительства соединительных трубопроводов, выйти на рынки Румынии и Венгрии [5, 9, 10].

Сооружая международный газопровод «TAP», Евросоюз планирует увеличить поставки газа из каспийского региона в Европу, создает конкуренцию другим поставщикам. Однако, взаимовыгодное сотрудничество между Азербайджаном и Россией (привлечение к каспийским проектам «Газпром», «Лукойл»), может иметь более выгодные результаты для всех участников проекта и перспективы строительство новых газопроводов по азербайджано-нахчывано-турецкому маршруту. Речь идет о взаимовыгодном сотрудничестве между Россией, Азербайджаном и Турцией, для решения конкретных проблем вокруг поставки российского газа в Европу, время от времени возникающих в зависимости от различных политических обстоятельств. Компания «Лукойл» уже осуществляет разработку российского месторождения в Каспийском море совместно с азербайджанскими партнерами, и в кон-



сорциумом «Шах-Дениз». Вообще, совмещение инфраструктурных и промышленных возможностей России и Азербайджана на Каспии способно оптимизировать экономическую, технологическую и логистическую составляющие при реализации проектов в регионе, решать проблемы обеспечения материально-техническими ресурсами.

Стремительно наращивая экспорт природного газа, Азербайджан подтвердил свою способность с 2020 года стать заметным игроком на рынке энергоносителей стран Юго-Восточной Европы. Кроме того, экспорт газа по «SGC» может многократно вырасти за счет прокладки по дну Каспия Транскаспийского трубопровода, который позволит туркменистанскому (также казахстанскому) газу попасть на рынки Турции и европейских стран. Проект Транскаспийского газопровода включен в последний список проектов общего интереса Еврокомиссии, тем самым получив стратегический статус. Подписания соглашения между Азербайджаном и Туркменистаном по разработке месторождения «Достлук» на каспийском шельфе, вопрос с ресурсной базой для «Транскаспийского» газопровода может быть решен. «Транскаспийский» газопровод позволит присоединить газотранспортную систему Туркменистана к «SGC», что откроет путь туркменскому газу по территории Азербайджан в Турцию и Европу. Российская компания «Лукойл» выразил желание участие в проекте «Достлук», что является дополнительным импульсом реализации новых газовых проектов в каспийском регионе [12, 19, 20].

По правилам ЕС, один поставщик не имеет права занимать более половины ее рынка, но на Турцию это правило не распространяется, и она реально стала уже тем, к чему так долго стремилась – полноценным энергетическим хабом. Для обеспечения растущие потребности Европы в природном газе Азербайджана может за счет российский газ обеспечит азербайджанский экспорт действующим, и в будущем новым трубопроводом. Газопровод «TANAP» может быть загружен с помощью поставок российского газа, для обеспечения потребности государств Евросоюза. Данный газовый проект выведен из-под действия Третьего энергетического пакета, и других ограничений ЕС. Рассчитан на то, что эту газовую магистраль в будущем можно будет расширить и начать поставки из прикаспийских стран, причем это решение дублирует те же подходы, которые были заложены в проекте «Nabucco» [2–5].

Азербайджан «прорубил окно в Европу» не только для своего газа, но – пока теоретически – и для «голубого топлива» других стран Каспийского региона. «SGC» – это «исторический проект», объединяющий семь стран и направленный на укрепление мира в регионе, принесет пользу народам соседних стран, мощность газопровода может быть доведена до 32 млрд куб. м. Азербайджан претендует стать транзитной страной для поставок среднеазиатского и ближневосточного газа в Европу. Одной из основных целей международной политики ЕС отраженной в региональной стратегической документе ЕС по содействию странам Центральной Азии является диверсификация поставок топлива. Газопровод «SGC» может быть использован для диверсификации поставок российского газа [1–5, 9–11].

Азербайджанский газ является новым источником поставок газа в Европу, и реализацией «SGC» он заново составляем энергетическую карту континента. Участниками проекта являются семь стран – Азербайджан, Грузия, Турция, Греция, Болгария, Албания и Италия, и еще три балканские страны планируют присоединиться к проекту – Босния и Герцеговина, Хорватия и Черногория.

В среднесрочной перспективе в Азербайджан может корректировать энергетическую политику, параллельно добывающей отрасли и развивать трубопроводного транспорта для доставки газа из других газодобывающих стран региона в Европу (транзитным энергетическим мостом). Вовлечение третьих стран в поставки топлива является положительным фактором для Азербайджана. Это позволит участникам региона усилить экономические позиции, получить новые возможности для выхода на рынки европейских стран. Азербайджан может стать «ключевой страной» посредством, которого страны каспийского региона собирает построить надежный транспортный маршрут в Иран и Турции для резкого увеличения внешнеторгового оборота между этими странами [1, 12–15].

Азербайджан имеет огромную перспективу стать одним из центров европейского газового рынка и региональным энергетическим мостом между каспийским регионом и Европой. Эти предположение основывается на следующих основных факторах: выявленные и разрабатываемые большие нефтегазовые месторождения в каспийском шельфе, выгодная геополитическая и географическая расположения, граничащий крупными газодобывающими государствами (Россия, Казахстан, Иран, Туркменистан); наличие имеющихся газопроводов, необходимые транспортные инфраструктуры и возможности строительство новых трубопроводов (альтернативных маршрутов).

Литература:

1. Гасумов Э.Р. Оценка эффективности внедрения инноваций при разработке газовых месторождений. – Ставрополь : Изд. «Дизайн-студия Б», 2020. – 552 с.
2. Gasumov E.R. Production of natural gas in the economy of Azerbaijan // European Journal of Economics and Management Sciences. – Vienna, 2020. – № 4 (5). – P. 56–61.
3. Gasumov E.R. Use and production of natural gas in Azerbaijan // American Scientific Journal («ASJ»). Education and Science. – 2020. – № 42. – Vol. 2. – P.24–28.



4. Gasumov E.R. Natural gas production in Azerbaijan // *Znanstvena misel journal*. – Lyublyana, 2020. – № 48–2. – Vol. 2. – P. 3–7.
5. Gasumov E.R. Technical and economic aspects of the development of the gas industry in Azerbaijan // *Wschodnioeuropejskie Naukowe (East European Scientific Journal)*. – Warsaw, 2020. – № 10 (62). – Part 4. – P. 25–28.
6. Гасумов Э.Р. Горючий газ в истории развития Азербайджана // *Евразийский союз ученых*. – СПб., 2020. – Т. 8. – № 10 (79). – С. 7–11.
7. Gasumov E.R. The role and place of the gas sector in the fuel and energy complex of Azerbaijan // *Colloquium-journal. Polish international journal of scientific publications*. – Warszawa, 2020. – № 30 (82). – Part 3. – P. 38–41.
8. Матвеев И.Е. Оценка запасов нефти и газа Азербайджана. 07.02.2019. – URL : <http://matveev-igor.ru/articles/366220>.
9. Жизнин С.З., Гулиев И.А. Энергетическая дипломатия в Каспийском регионе // *Вестник МГИМО-Университета*. – 2012. – № 1.
10. Интернет-журнал «Науковедение». – 2014. – № 5 (24), сентябрь – октябрь. – URL : <http://naukovedenie.ru>
11. Гасумов Э.Р. Азербайджан становится газовой страной и экспортером газа в Европу // *Естественные и технические науки*. – М., 2021. – № 3. – С. 23–27.
12. Gasumov E.R. System analysis of innovation management problems in gas condensate fields development // *Eastern European Scientific Journal*. – Düsseldorf, 2020. – № 4. – P. 15–20.
13. Gasumov E.R. Research on the relationship between investment and innovation as factors of economic growth and development of the gas industry in Azerbaijan // *Colloquium-journal – Polish international journal of scientific publications*. – Warszawa, 2021. – № (90). – Part 4. – P. 65–69.
14. Ализаде Ф. Азербайджан в 2020 году ворвется на газовый рынок Юго-Восточной Европы // *Sputnik*. 01.01.2020. – URL : <https://az.sputniknews.ru>
15. Gasumov E.R., Valiev V.M., Gasumov R.A. Features of the development of the gas sector in Azerbaijan // *American Scientific Journal («ASJ»)*. – 2020. – № 43. – Issue 2. – P. 25–31.
16. Топливо-энергетический баланс Азербайджана и мероприятия по совершенствованию этой отрасли. – URL : https://vuzlit.ru/1056526/neftegazovaya_promyshlennost_azerbaydzhana;
17. Подобедова Л., Басисини А. Куда ведет газопровод из Баку // *Газета РБК*. – № 094 (2818) (3005).
18. Бизнес. – 2018. – URL : <https://www.rbc.ru/newspaper>
19. SOCAR расширяет Гарадагское хранилище газа // *Neftegaz* 01.09.2015. – № 3186. – URL : <https://neftegaz.ru>
20. Gasumov E.R. Role of foreign investment in the development of the oil and gas industry in Azerbaijan // *Sciences of Europe*. – Praha, 2021. – Vol. 2. – № 65. – P. 6–12.
21. Gasumov E.R. Formation of a strategy of innovative development of the gas industry of Azerbaijan based on analysis of influencing factors // *Sciences of Europe. European Science*. – Praha, 2020. – № 60. – Vol. 4. – P. 18–24.
22. Гасумов Э.Р., Valiev V.M., Gasumov R.A. Prospects for innovative development of the gas industry in Azerbaijan // *Austrian Journal of Humanities and Social Sciences*. – Viena, 2020. – № 11–12. – P. 68–75.
23. Gasumov E.R. Study of the impact of foreign investment on the development of the oil and gas industry in Azerbaijan // *Znanstvena misel journal*. – Ljubljana, 2021. – № 51. – Vol. 1. – P. 6–12.

References:

1. Gasumov E.R. Assessment of the effectiveness of innovation in the development of gas fields. – Stavropol : Publishing house «Design Studio B», 2020. – 552 p.
2. Gasumov E.R. Production of natural gas in the economy of Azerbaijan // *European Journal of Economics and Management Sciences*. – Vienna, 2020. – № 4 (5). – P. 56–61.
3. Gasumov E.R. Use and production of natural gas in Azerbaijan // *American Scientific Journal («ASJ»). Education and Science*. – 2020. – № 42. – Vol. 2. – P.24–28.
4. Gasumov E.R. Natural gas production in Azerbaijan // *Znanstvena misel journal*. – Lyublyana, 2020. – № 48–2. – Vol. 2. – P. 3–7.
5. Gasumov E.R. Technical and economic aspects of the development of the gas industry in Azerbaijan // *Wschodnioeuropejskie Naukowe (East European Scientific Journal)*. – Warsaw, 2020. – № 10 (62). – Part 4. – P. 25–28.
6. Gasumov E.R. Combustible gas in the history of development of Azerbaijan // *Eurasian Union of Scientists*. – SPb., 2020. – Vol. 8. – № 10 (79). – P. 7–11.
7. Gasumov E.R. The role and place of the gas sector in the fuel and energy complex of Azerbaijan // *Colloquium-journal. Polish international journal of scientific publications*. – Warszawa, 2020. – № 30 (82). – Part 3. – P. 38–41.
8. Matveev I.E. Assessment of oil and gas reserves of Azerbaijan. 07.02.2019. – URL : <http://matveev-igor.ru/articles/366220>.
9. Zhiznin S.Z., Guliev I.A. Energy diplomacy in the Caspian region // *Bulletin of MGIMO-University*. – 2012. – № 1.
10. Internet-journal «Naukovedenie». – 2014. – № 5 (24), September–October. – URL : <http://naukovedenie.ru>
11. Gasumov E.R. Azerbaijan is becoming a gas country and gas exporter to Europe // *Natural and Technical Sciences*. – М., 2021. – № 3. – P. 23–27.
12. Gasumov E.R. System analysis of innovation management problems in gas condensate fields development // *Eastern European Scientific Journal*. – Düsseldorf, 2020. – № 4. – P. 15–20.
13. Gasumov E.R. Research on the relationship between investment and innovation as factors of economic growth and development of the gas industry in Azerbaijan // *Colloquium-journal – Polish international journal of scientific publications*. – Warszawa, 2021. – № (90). – Part 4. – P. 65–69.



14. Alizadeh F. Azerbaijan in 2020 will break into the gas market of South-Eastern Europe // Sputnik. 01.01.2020. – URL : <https://az.sputniknews.ru>
15. Gasumov E.R., Valiev V.M., Gasumov R.A. Features of the development of the gas sector in Azerbaijan // American Scientific Journal («ASJ»). – 2020. – № 43. – Issue 2. – P. 25–31.
16. Fuel and energy balance of Azerbaijan and measures to improve this industry. – URL : https://vuzlit.ru/1056526/neftegazovaya_promyshlennost_azerbaydzhana;
17. Podobedova L., Basisini A. Where the gas pipeline from Baku leads // Gazeta RBC. – № 094 (2818) (3005).
18. Business. – 2018. – URL : <https://www.rbc.ru/newspaper>
19. SOCAR expands Garadagh gas storage facility // Neftegaz 01.09.2015. – № 3186. – URL : <https://neftegaz.ru>
20. Gasumov E.R. Role of foreign investment in the development of the oil and gas industry in Azerbaijan // Sciences of Europe. – Praha, 2021. – Vol. 2. – № 65. – P. 6–12.
21. Gasumov E.R. Formation of a strategy of innovative development of the gas industry of Azerbaijan based on analysis of influencing factors // Sciences of Europe. European Science. – Praha, 2020. – № 60. – Vol. 4. – P. 18–24.
22. Gasumov E.R., Valiev V.M., Gasumov R.A. Prospects for innovative development of the gas industry in Azerbaijan // Austrian Journal of Humanities and Social Sciences. – Viena, 2020. – № 11–12. – P. 68–75.
23. Gasumov E.R. Study of the impact of foreign investment on the development of the oil and gas industry in Azerbaijan // Znanstvena misel journal. – Ljubljana, 2021. – № 51. – Vol. 1. – P. 6–12.



УДК 338.012

КОНЦЕПЦИЯ ВНЕДРЕНИЯ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

THE CONCEPT OF INTRODUCING LEAN MANUFACTURING AS A FACTOR IN INCREASING THE COMPETITIVENESS OF AN ENTERPRISE

Глазкова Ирина Николаевна

кандидат экономических наук, доцент,
доцент кафедры экономики и управления предприятием,
Альметьевский государственный нефтяной институт

Биктимирова Аделина Руслановна

студент 1 курса магистратуры
факультета экономики и управления предприятием,
Альметьевского государственного нефтяного института

Аннотация. Развитие экономики, как на макро, так и на микро-уровне, в том числе процессы глобализации товарных и финансовых рынков, вызывают необходимость нахождения путей для повышения конкурентоспособности предприятий. Одна из современных и набирающая популярность уже в России концепций менеджмента, которая направлена на повышение эффективности работы предприятий, является «Бережливое производство».

Ключевые слова: бережливое производство, конкурентоспособность, эффективность предприятия.

Glazkova Irina Nikolaevna

PhD in Economics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of
Economics and Enterprise Management,
Almetyevsk State Oil Institute

Biktimirova Adelina Ruslanovna

1st year Graduate Student,
Faculty of Economics and
Enterprise Management,
Almetyevsk State Oil Institute

Annotation. The development of the economy, both at the macro and micro levels, including the processes of globalization of commodity and financial markets, necessitate finding ways to increase the competitiveness of enterprises. One of the modern and gaining popularity already in Russia management concepts, which is aimed at increasing the efficiency of enterprises, is «Lean production».

Keywords: lean manufacturing, competitiveness, enterprise efficiency.

В рамках современной рыночной конкуренции, предприятия стремятся повышать эффективность производства, совершенствуя его, применяя новые технологии, и сокращая при этом различные виды потерь.

Бережливое производство – одно из основных концепций, которые существенно влияют на эффективность финансово-хозяйственной деятельности предприятия. Следовательно, предприятия внедряющие инструменты бережливого производства действительно сокращают затраты и определенные виды потерь при производстве, и повышают эффективность финансово-хозяйственной деятельности.

Бережливое производство способно организовать производство так, что производительность труда в течение года в организации, применившей ее, вырастает на 20–40 процентов, кроме этого улучшаются и другие показатели, повышается конкурентоспособность, рентабельность предприятия, продукции, производства и т.д. Поэтому актуальность развития стратегии бережливого производства, несомненно, является современной и насущной в настоящее время[3].

Компании, использующие бережливое производство не менее семи лет, наблюдают положительную динамику:

- производительность труда ежегодно растет на 20–25 %;
- время производственного цикла сократилось на 30 %;
- уровень удовлетворенности потребителя повысился на 100 %;
- объемы незавершенного производства и запасов товарно-материальных ценностей ежегодно сокращаются на 10–15 %;
- оборачиваемость денежных средств увеличивается ежегодно на 10–15 % [1, с. 8–14].

Внедрение инструментов БП на предприятиях подразумевает максимизацию усилий по применению новых инструментов, и что в свою очередь связано с необходимостью повышения уровня конкурентоспособности предприятия. В связи с этим появляется потребность в создании модели, которая бы показывала порядок деятельности по внедрению инструментов бережливого производства на предприятиях [2].

Использование всех инструментов бережливого производства и комплексный подход к освоению системы будет способствовать успешному развитию компании в современных условиях. На рисунке 1 представлены этапы внедрения бережливого производства.

Начиная с 2017 года, на средних и крупных предприятиях в России внедряются принципы бережливого производства, и меняется формат производства на предприятиях базовых не сырьевых отраслей. Это позволило достичь роста производительности труда, рентабельности и конкурентоспособности, что говорит об эффективности проводимых мер, успешной реализации лучших практик и концепции бережливого производства.



Рисунок 1 – Этапы внедрения бережливого производства

Важнейшей задачей деятельности современной организации является развитие производственной системы предприятия на принципах бережливого производства. Это связано с тем, что современные подходы к формированию производственных систем ориентированы на повышение качества, удовлетворенность потребителя, активизацию персонала. Одним из инструментов бережливого производства является картирование потока создания ценности.

В таблице 1 приведен пример расчета экономического эффекта с применением КПСЦ на сервисном нефтегазовом предприятии

Таблица 1 – Расчет экономической эффективности КПСЦ

Показатели	До внедрения	После внедрения
1. Изменение затрат, тыс.руб., в том числе:	153,292	273,892
1.1 Цеховые расходы, тыс.руб.	38,131	38,131
1.2 Расходы на ТМЦ, тыс.руб.	91,25	211,85
2. Затраты времени, час	39,6	31
3. Поток выпуска металлоконструкций, тонн	3,5	10
4. Выручка от реализации продукции, работ, тыс.руб.	175	500
5. Валовая прибыль, тыс.руб.	21,708	226,108
6. Чистая прибыль, тыс.руб.	17,366	180,89
Экономический эффект в год, тыс.руб.	–	163,524

КПСЦ направлено на минимизацию потерь и позволяет провести выравнивание нагрузки операторов в потоке создания ценности, дает возможность синхронизировать основные и вспомогательные процессы.

И в заключении нужно отметить, что успешное внедрение инструментов бережливого производства, как концепции, становится одним из основных способов повышения производительности труда, финансовой устойчивости компании и конкурентоспособности предприятий.

Литература:

1. Бочарникова Е.В. Бережливое производство как основа антикризисного управления предприятием // Молодежь и наука. – 2015. – № 2. – С. 8–14.
2. Давыдова Н.С. Бережливое производство как фактор повышения конкурентоспособности предприятия // ИВД, 2012. – № 2. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/berezhlivoe-proizvodstvo-kak-faktor-povysheniya-konkurentosposobnosti-predpriyatiya>
3. Совершенствование бизнес-процессов предприятия на основе внедрения бережливого производства [Электронный ресурс]. – URL : <http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/24914/1/TPU142516.pdf>

References:

1. Bocharnikova E.V. Lean Production as the Basis for Crisis Management // Youth and Science. – 2015. – № 2. – P. 8–14.
2. Davydova N.S. Lean production as a factor in increasing the competitiveness of the enterprise // IVD, 2012. – № 2. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/berezhlivoe-proizvodstvo-kak-faktor-povysheniya-konkurentosposobnosti-predpriyatiya>
3. Improvement of enterprise business processes based on the implementation of lean production [Electronic resource]. – URL : <http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/24914/1/TPU142516.pdf>



УДК 338.24

КОНЦЕПЦИЯ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА В УПРАВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМОЙ

THE CONCEPT OF THE PROCESS APPROACH IN THE MANAGEMENT OF THE PRODUCTION SYSTEM

Глазкова Ирина Николаевна

кандидат экономических наук, доцент,
доцент кафедры экономики и управления предприятием,
Альметьевский государственный нефтяной институт

Пахардымова Ольга Сергеевна

студент 1 курса магистратуры
факультета экономики и управления предприятием,
Альметьевского государственного нефтяного института

Аннотация. В данной статье определена сущность процессного подхода в управлении производственной системой, выявлены элементы подхода, а также схема процесса. Автором были определены предприятия, в которых рационально использовать данный подход.

Ключевые слова: процессный подход, процесс.

Glazkova Irina Nikolaevna

PhD in Economics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of
Economics and Enterprise Management,
Almetyevsk State Oil Institute

Pahardymova Olga Sergeevna

1st year Graduate Student,
Faculty of Economics and
Enterprise Management,
Almetyevsk State Oil Institute

Annotation. This article defines the essence of the process approach in the management of the production system, identifies the elements of the approach, as well as the process diagram. The author identified enterprises in which it is rational to use this approach.

Keywords: process approach, process.

В современных условиях повышенной конкуренции каждая организация, производящая товары или предоставляющая услуги, борется за покупателя и как следствие стремится усовершенствовать свою продукцию. В связи с этим перед менеджментом появляется необходимость в быстром развитии и эффективном управлении процессом производства для изготовления качественных товаров или услуг. Так, одним из популярных подходов к управлению производством является процессный. Процессный подход – это концепция управления, согласно которой вся работа компании представляет собой набор определенных процессов. Процесс есть совокупность взаимозависимых видов деятельности в организации. Ключевым свойством процессов является систематичность.

В стандарте ИСО 9000:2005 под процессом понимается «совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, преобразующая входы в выходы». В таком определении под процессом можно понимать любую деятельность, использующую определенные ресурсы (персонал, информацию, материальные ресурсы, инфраструктуру, технологии) и служащую для получения определенных выходов. Такое определение процесса достаточно общее. Ему соответствует, например, любое подразделение организации (рис. 1) [3, с. 40].



Рисунок 1 – Схема процесса

Процессный подход способствует формированию горизонтальных связей в организации. Так, работники и подразделения, принимающие участие в одном процессе, координируют свою работу самостоятельно в рамках этого процесса, так же как и решают проблемы без привлечения руководства. Таким образом, данный подход позволяет быстро и своевременно устранять недочеты в производственной системе.

Процессный подход предполагает наличие основных элементов: вход и выход процесса, ресурсы, владелец процесса, потребители процесса, показатели процесса. Более детальная характеристика каждого элемента приведена в таблице 1.



Таблица 1 – Характеристика основных элементов процессного подхода

Основные элементы	Характеристика
Вход процесса	Предметы, которые изменяются на протяжении всей работы. Входами процесса могут быть материалы, оборудование, документы, персонал организации, финансы и др.
Ресурсы	Сырье (оборудование, финансовые средства, документы, сотрудники, инфраструктура и др), которое необходимо для запуска процесса.
Владелец процесса	Человек, имеющий нужное количество ресурсов, несет ответственность за конечный результат процесса.
Потребители, поставщики процесса	Поставщики обеспечивают входными элементами процесса. Потребители наоборот предъявляют спрос на конечный результат процесса. И те, и другие подразделяются на внутренних и внешних. В случае если в процессе нет одного из этих элементов, то он будет считаться не востребованным.
Выход процесса	Ожидаемый конечный результат, которым может быть товар, услуга или информация.
Показатели процесса	Совокупность количественных и качественных показателей, с помощью которых можно дать оценку конечному продукту процесса.

Существует пять ключевых моментов для внедрения процессного подхода к управлению:

1. Определение и описание существующих бизнес-процессов и порядка их взаимодействия в общей сети процессов организации.
2. Четкое распределение ответственности руководителей за каждый сегмент всей сети бизнес-процессов организации.
3. Определение показателей эффективности бизнес-процессов и методик их измерения (например, статистических).
4. Разработка и утверждение регламентов, формализующих работу системы.
5. Управление ресурсами и регламентами при обнаружении отклонений.

Успешное внедрение процессного подхода в систему управления производством – это непростой, трудоемкий процесс. Хорошо продуманные проекты могут быть не осуществлены по причине целого ряда проблем, устранением которых занимается непосредственно менеджмент организации. Наиболее часто встречающиеся проблемы: неготовность/нежелание вносить изменения в организационную структуру, непонимание сущности и преимуществ для компании процессного подхода, устройство совокупности процессов, которые не соответствуют реальному бизнесу организации, непонимание роли регламентации процессов и неумение ее разрабатывать, отсутствие необходимого количества ресурсов для оптимизации процессов, непонимание менеджмента того, что для реальной оптимизации процессов нужно время, составление неправильной системы увязки процессов и др.

Внедряя процессный подход, предприятия получают следующие преимущества:

- оптимизация системы корпоративного управления: более быстро реагирует на изменения, происходящие во внешней среде; прозрачная для менеджмента;
- формирование системы показателей и критериев оценки эффективности системы управления на каждом из этапов процессов. При этом система показателей оценки эффективности строится по четырем направлениям (показатели результата деятельности, показатели эффективности деятельности отдельных процессов, показатели продуктов, которые произведены процессами организации, показатели удовлетворенности клиентов результатами деятельности организации)
- твердая уверенность соучредителей компании в том, что сформировавшаяся система управления направлена на повышение эффективности и удовлетворяет интересы заинтересованных сторон благодаря тому, что система базируется на измерении показателей деятельности, планирования, а также направлена на удовлетворение потребностей инвесторов, потребителей, работников компании, поставщиков и что немаловажно общества.
- реализация процессов производства в соответствии со стандартом ИСО 9001:2008, что дает организации повысить свой статус перед потребителями продуктов, поскольку сертификат соответствия системы менеджмента качества требованиям ИСО 9001:2008 свидетельствует о том, что качество товаров/услуг занимает одно из ведущих направлений при их производстве/оказании.
- установление строгого порядка и ответственность за разработку, согласование, утверждение документов.
- формирование информационной системы, так как любые решения принимаются менеджментом на основе установленных фактов. Таким образом, руководство опирается на объективную информацию.

Стоит определить, в каких организациях следует использовать процессный подход в управлении производственной системой. Данный подход предпочтителен для компаний с численностью сотрудников от 50 человек, поскольку, чем больше численность, тем больше количество взаимодействий между ними. А рассматриваемый подход позволит ускорить работу. Использование процессно-



го подхода также подойдет тем организациям, основа деятельности которых – это повторяющиеся действия. Процессный подход стоит использовать там, где требования к срокам выполнения задач достаточно высокие.

Таким образом, в основе процессного подхода лежит проектирование бизнес-процессов деятельности предприятия. Данная модель предполагает, что для проектирования процессов деятельности предприятия необходимо определять их входы, выходы, управляющее воздействие и механизмы. Проектирование бизнес-процессов согласно данному подходу имеет ряд явных преимуществ, по сравнению с другими.

Литература:

1. Боровков П. Идеология процессного подхода и техника описания бизнес-процессов // Справочник экономиста. – 2017. – № 9 (51). – С. 45–49.
2. Зворыкин Н.М. Реализация процессного подхода на промышленном предприятии // Методы менеджмента качества. – 2017. – № 1. – С. 35–40.
3. Репин В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению моделирование бизнес-процессов. – СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 2009. – 105 с.
4. Романова О.С. Современные модели управления компанией: процессный подход // Менеджмент в России и за рубежом. – 2008. – № 6. – С. 102–106.

References:

1. Borovkov P. The ideology of the process approach and the technique of describing business processes // The economist's handbook. – 2017. – № 9 (51). – P. 45–49.
2. Zvorykin N.M. Realization of the process approach at the industrial enterprise // Methods of quality management. – 2017. – № 1. – P. 35–40.
3. Repin V.V., Eliferov V.G. Process Approach to Management Modeling of Business Processes. – SPb. : Publishing house of St. Petersburg State University of Economics and Finance, 2009. – 105 p.
4. Romanova O.S. Modern models of company management: a process approach // Management in Russia and abroad. – 2008. – № 6. – P. 102–106.



УДК 339.98: 662 (470+571)

К ВОПРОСУ ОБ ИНВЕСТИРОВАНИИ СРЕДСТВ ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩУЮ ОТРАСЛЬ

ON THE ISSUE OF INVESTING FUNDS OF INDIVIDUALS IN THE OIL INDUSTRY

Гончарова Наталия Александровна

кандидат экономических наук, доцент,
Кубанский государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина

Хусейн Алла Хосни

студент, магистрант,
Кубанский государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина

Аннотация. В статье раскрыты теоретические подходы к инвестированию, понимание принципов инвестирования, основ инвестирования в акции нефтеперерабатывающих и нефтедобывающих предприятий Российской Федерации. Статья раскрывает зависимость котировок акций нефтеперерабатывающих предприятий на фондовой бирже от различных факторов, приводит сравнительный анализ капиталоемкости нефтедобывающих компаний Российской Федерации.

Ключевые слова: инвестиции, инвестирование, теории инвестирования, нефтеперерабатывающая отрасль России, физические лица как инвесторы.

Goncharova Natalia Aleksandrovna

D. in Economics, Associate Professor,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin

Hussain Alla Hosni

Student, Master's Student,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin

Annotation. The article reveals theoretical approaches to investing, understanding of the principles of investing, the basics of investing in shares of oil refineries and oil-producing enterprises of the Russian Federation. The article reveals the dependence of the share prices of oil refineries on the stock exchange on various factors, provides a comparative analysis of the capital intensity of oil companies in the Russian Federation.

Keywords: investments, investing, investment theories, Russian oil refining industry, individuals as investors.

Инвестирование – многоплановая деятельность, имеющая свою историю развития теоретических представлений. Сбережение полученных доходов – ступень, необходимая не для прироста, а для гарантированного сохранения. Одним из способов сохранения является механизм страхования. Своего рода это и есть некоторое возмещение убытков, возможных в различных ситуациях жизни физического лица и государства [1]. Выражаясь свободным языком, инвестировать, значит, – сохранить с нулевым приростом. Это можно сделать по-разному. Изначально необходимо то, во что можно инвестировать, так как «имею» – первичное состояние инвестора.

Последующее развитие бизнеса предполагает углубление и постоянное воспроизводство на основе потенциальной возможности использования ценностей, которые просят пользу. По мере распределения полученной прибыли инвестиционный процесс становится все масштабнее, часть средств специально выделяется для продолжения инвестирования. А Смит в формулу зависимости на основе анализа процесса производства логически обобщает понятия «капитал» и «инвестиции в производство», наглядно доказывая, что инвестирование и есть капиталовложение. Инвестиции можно понимать, как одну из «причин» капитала. Возникает «круговорот» производства капитала на основе инвестирования [2].

Важный научный подход к инвестированию содержит теория выдающегося мыслителя К.Маркса. Он, рассматривая сферу вложения капитала, рассматривает отрасли народного хозяйства и процесс производства материальных благ. К. Маркс характеризует каждую сторону производства, в зависимости от ее возможности стабилизировать доход. Он выделяет понятия средства производства и производительные силы, как две составные части образования капитала [3, с. 28]. Инвестировать – значит грамотно обозначить пропорции вложения в одно и в другое.

С более современных позиций к анализу инвестиционных процессов подошел Дж. М.Кейнс. Он вывел инвестиционный доход как разницу между производством и потреблением, направляемую на развитие предприятия [3, с. 31].

В свете современного законодательства, научных теорий и практики, инвестирование – это процесс использования любых материальных ценностей, имеющий задачу их большего воспроизводства.

Нефть – главное, основное топливно-энергетическое сырье. Нефть относится к ограниченным ресурсам, но пока ее запасы велики, поиски новых месторождений осуществляются с хорошими результатами, а разработка месторождений продолжается. Пока существует нефть, люди будут вкладывать в нее средства, ресурсы и силы.



Самый простой способ получения доходов на нефтяном рынке – приобретение акций нефтяных компаний.

Добыча нефти – дорогостоящий бизнес, он требует много вложений в разной форме, – приобретения оборудования, разработок и расчетов оптимальных способов бурения, и, конечно, внедрения перспективных способов добычи нефти. Но, если нефть оказывается высококачественной, то эти вложения окупаются.

Тем не менее, риски вложения существенны – цены на нефть подвержены колебаниям, которые зависят как от международных договоренностей, так и от размеров добычи нефти, и даже погодных условий, в которых производилась добыча нефти [4]. В настоящее время стоимость добычи нефти выше, чем была в 2017 г., но ниже, чем была в 2009 г.[5].

Можно покупать акции нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих компаний, формируя портфель акций и ждать благоприятный момент повышения цен, для извлечения гарантированной прибыли.

Российские компании Газпром, Роснефть и Лукойл входят в десятку мировых лидеров по добыче и переработке нефти.

Таблица 1 – Доходы российских нефтедобывающих компаний

Наименование компании	Капитализация, млрд долл
Газпром	57,1
Роснефть	51,1
Лукойл	36,8

На биржах в России широко известны компании торгующие акциями – «Сургутнефтегаз» и «Транснефть», как самые крупные биржевые фондовые корпорации. Прямое инвестирование – дорогой и фондоемкий бизнес.

Кроме прямых инвестиций доход приносят краткосрочные вложения в акции нефтяных компаний.

Вложить средства в рынок краткосрочных инвестиций можно через паевой фонд. В настоящее время в России широко распространилась практика вложений средств пенсионных фондов в рассматриваемый вид бизнеса.

Именно краткосрочные вложения могут без особых затрат физического лица принести ощутимый эффект дохода и стать основой стабилизации доходов [7].

Следует отметить, что при всех плюсах доходов от инвестирования на нефтегазовом рынке, он остается слишком рискованным потому, на нем представлены немногочисленные предприятия России, издавна занимающиеся разработкой месторождений и добычей нефти.

Литература:

1. Основы страхования предпринимательства / А.С. Молчан [и др.]. – Краснодар : Издательство В.В. Арнаут, 2010. – 180 с.
2. Инвестиции и инвестиционная деятельность организаций // Под общей редакцией доктора экономических наук, профессора Т.К. Руткаускас. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2019. – 316 с.
3. Сто вопросов и сто ответов по экономической теории (микро- и макроэкономика) // Под ред. Б.В. Сорвинова [Электронный ресурс]. – Гомель : Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины, 2013. – URL : <https://core.ac.uk/download/pdf/75999541.pdf> (дата обращения 12.02.2021).
4. От максимума до обвала: динамика цен на нефть с 2000 года // Экономика и бизнес [Электронный ресурс]. – URL : <https://tass.ru/ekonomika/2509009> (дата обращения 12.02.2021).
5. Энергетический бюллетень [Электронный ресурс]. – 2020. – № 83. – URL : https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/бюллетень_№_83.pdf (аналитический центр) (дата обращения 15.03.2021).
6. Лукойл стал третьим по капитализации, обогнав Роснефть // Коммерсант. – 2021, 22 марта [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.kommersant.ru/doc/4284881> (дата обращения 15.03.2021).
7. Гончарова Н.А., Хусейн А.Х. Современная инвестиционная политика России // Проблемы развития современного общества: сборник трудов конференции (Курск, 22 января 2020 г.). – Курск : Издательство Юго-Западного университета, 2020. – С. 101–105.

References:

1. Fundamentals of entrepreneurship insurance / A.S. Molchan [et al]. – Krasnodar : Izdatel'stvo V.V. Arnautov, 2010. – 180 p.
2. Investments and investment activity of organizations // Under the general editorship of the doctor of economic sciences, professor T.K. Rutkauskas. – Yekaterinburg : Ural University Press, 2019. – 316 p.
3. One hundred questions and one hundred answers on economic theory (micro- and macroeconomics) // Edited by B.V. Sorvirov [Electronic resource]. – Gomel : The Gomel State University named after Frantsysk Skaryna. Gomel :



Francysk Skaryna State University of Gomel, 2013. – URL : <https://core.ac.uk/download/pdf/75999541.pdf> (accessed 12.02.2021).

4. From Maximum to Collapse: Oil Price Dynamics since 2000 // Economics and Business [Electronic resource]. – URL : <https://tass.ru/ekonomika/2509009> (the date of accession 12.02.2021).

5. Energy bulletin [Electronic resource]. – 2020. – № 83. – URL : https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/бюллетень_№_83.pdf (analytical center) (date of reference 15.03.2021).

6. Lukoil became third in capitalization, overtaking Rosneft // Kommersant. – 2021, March 22 [electronic resource]. – URL : <https://www.kommersant.ru/doc/4284881> (accessed 15.03.2021).

7. Goncharova N.A., Husein A.Kh. Modern Investment Policy of Russia // The problems of development of modern society: collection of conference proceedings (Kursk, January 22, 2020). – Kursk : Southwestern University Press, 2020. – P. 101–105.



УДК 339.97: 662 (470+571)

ДИНАМИКА ЭКСПОРТА ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

DYNAMICS OF EXPORT OF FUEL AND ENERGY RESOURCES AND DEVELOPMENT OF THE ECONOMY OF THE RUSSIAN FEDERATION AT THE PRESENT STAGE

Гончарова Наталия Александровна

кандидат экономических наук, доцент,
Кубанский государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина

Лебедев Семен Петрович

студент,
Кубанский государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина

Аннотация. В статье содержится анализ современного состояния влияния экспорта топливно-энергетического сырья на развитие экономики России.

Ключевые слова: внешнеэкономическая политика России, экспорт топливно-энергетического сырья, нефть, газ, внешнеторговое сальдо, инновационная экономика.

Goncharova Natalia Aleksandrovna

D. in Economics, Associate Professor,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin

Lebedev Semyon Petrovich

Student,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin

Annotation. The article contains an analysis of the current state of the influence of the export of fuel and energy raw materials on the development of the Russian economy.

Keywords: foreign economic policy of Russia, export of fuel and energy raw materials, oil, gas, foreign trade balance, innovative economy.

Внешнеэкономическая политика России в последние годы имеет неоднозначный курс, довольно часто подвергается критике, как со стороны экономистов, так и со стороны обычных граждан. Главные претензии в том, что внешняя торговля напрямую зависит от добычи и экспорта сырья, в частности топливно-энергетических ресурсов, необработанных руд и древесины. Это действительно так, но в чём причина сложившихся обстоятельств и наблюдаются ли тенденции к изменениям во внешней торговле? Для начала следует обозначить, из чего вообще состоит внешняя торговля.

Сейчас главной проблемой российского экспорта является тотальная зависимость от добычи и продажи за рубеж топливно-энергетических ресурсов и сырья. В 2020-м г. доля топливно-энергетических ресурсов (в том числе нефть сырая и газ природный) – 166 955 млн долларов США, а это 49,6 % от всего экспорта, хотя данные экспортируемые ресурсы составляют только 63,4 % от показателя в 2019-м г [5].

Древесина и целлюлозно-бумажная промышленность, а также сельскохозяйственное сырьё вместе составляют 12,5 % от всего экспорта. То есть, доля топливно-энергетического сырья в экспорте составляет больше половины. Какая же тенденция в динамике по годам? В 2019-м г. удельный вес топливно-энергетических товаров в структуре экспорта составил 62,1 % при общем объёме экспорта 666,4 млрд долларов США; в 2018-м г. – 64,79 % от всего объёма экспорта, достигшего 449,9 млрд долларов; в 2017-м г. 60,37 % от всего экспорта, составившего 357 083 млн долларов [1]. То есть в последние годы Россия никак не выходит из положения «сырьевой» страны.

Быть страной – поставщиком сырья на мировой рынок – не очень хорошая практика. Во-первых, ориентированность на сырьевой экспорт может замедлять развитие других отраслей промышленности, из которой произведенные продукты труда могли бы уйти за границу на экспорт; во-вторых, топливно-энергетические ресурсы и другое сырьё – это ограниченные ресурсы, и строить экономику вокруг них не целесообразно, рано или поздно их количество сократится, и к этому времени должны иметься другие источники дохода; в-третьих, цены на нефть и газ одни из самых нестабильных стоимостей в международных котировках. Россия, как страна-экспортёр, не может сама задать цену своей продукции. Цена эта складывается из различных факторов, в том числе мирового объёма добычи, скорости добычи, количества стран-конкурентов, уже имеющих сделки, и так далее. По факту, поставляя за рубеж один и тот же объём в разные годы или месяцы, доход выходит разным, следовательно, он нестабилен и зачастую занижен. А можно ли по-другому? В современном мире, а это мир капиталистического разделения труда, согласно концепции Д. Рикардо и А. Смита [2], одной стране не обязательно производить все необходимые ресурсы и блага – достаточно производить что-то одно, продавать, а взамен покупать нужное у других стран.



Экспорт и импорт не обязательно происходят на уровне государственных закупок стран друг у друга. Иногда, этим занимаются частные компании, которые приобретают сырьё для производства или готовую продукцию на перепродажу в своей стране за границей. Любой товар, проходящий через границу, регистрируется в таможенной службе и входит в общий объём экспорта или импорта. Вместе экспорт и импорт образуют внешнеторговый товарооборот. Так, в 2020-м году внешнеторговый товарооборот России составил 567 823 млн долларов США. Из этой суммы экспорт составлял 336 394 млн долларов США, а импорт – 231 430 млн долларов США [5]. Зная показатели экспорта и импорта, можно узнать, выгодно ли вообще страна ведёт свою экономическую политику. Вычислив из объёма экспорта объём импорта, станет известно сальдо внешнеторгового товарооборота (торгового баланса), – разность между стоимостью экспорта и импорта. Если сальдо положительное, значит, страна больше производит и продаёт, чем покупает. Отрицательное сальдо означает превышение внешних покупок над собственным производством. Сальдо торгового баланса имеет не только статистическую функцию, но и прогностическую, поскольку показывает динамику изменения объёма капитала в стране. То есть, при положительном сальдо, когда экспорт превосходит импорт, за счёт дохода от экспорта в страну поступает новый капитал. А при отрицательном сальдо будет происходить отток капитала из страны, ведь прибыль от экспорта попросту не перекроет расходы на закупленные импортные товары. В следствие постепенного уменьшения капитала в стране, развитие экономического сектора и отдельных промышленных предприятий замедлится, а это в свою очередь скажется на экономическом благосостоянии населения. Кроме того, большое количество иностранных товаров на внутреннем рынке уже замедляет развитие и снижает конкурентоспособность отечественных производителей.

В 2020-м г., согласно данным Банка России, внешнеторговый оборот России составил 571,5 млрд долларов США, из них экспорт составил 331,7 млрд долларов США, а импорт – 239,7 млрд долларов США соответственно [4]. Как видим, экспорт больше импорта, и сальдо торгового баланса положительное – 92,0 млрд долларов США. Однако, в 2019-м г. сальдо было ещё больше – 165,3 млрд долларов, при том, что импорт был не намного больше – 243,7 млрд долларов согласно ФТС (Федеральная Таможенная Служба), а вот экспорт потерял почти четверть в 2020-м г. по сравнению с 2019-м г. – тогда он достиг 422,7 млрд долларов [6]. Динамику изменений следует связывать с двумя факторами: первым: глобальной пандемией коронавируса, к которой мир не мог быть готовым. Она заставила страны ограничить не только передвижение своих граждан, но и многие пути внешнего сообщения, в том числе международная торговля была сокращена, что было частью противодействия распространению вируса. Вторым – в виду последних политических событий западные страны накладывали на Россию различные санкции, в том числе экономические. Порой, доходило до абсурда – к примеру, Германия так и не занялась строительством своей части Северного Потока-2 – магистрального газопровода из России в Германию, хотя с нашей стороны строительство идёт полным ходом, а средств было затрачено достаточно много [3]. В настоящее время Германия заявила о продолжении проекта.

Россия в современном мире играет роль именно поставщика сырья в другие страны. Взамен, у наших торговых партнёров (по большей части это страны дальнего зарубежья: Германия, Нидерланды, Италия, Китай, Япония и США), российское государство приобретает оборудование, станки, технологии, транспорт, химические и промышленные ресурсы для производства и перепродажи [4].

Есть несколько направлений, как построить новую экономику на неэнергетическом несырьевом экспорте. Для начала следует понимать, что просто сократить объёмы экспорта не получится, ведь может значительно сократиться или даже стать отрицательным сальдо внешнеторгового товарооборота. Решением может быть снижение доли импорта. Что позволит сальдо оставаться на прежнем уровне, кроме того, это стимулирует развитие отечественного производства.

Начало уже положено – Россия наложила продовольственное эмбарго – запрет на ввоз продовольственных продуктов для стран, которые ранее наложили на государство экономические санкции. Следующим шагом может стать поощрение, льготы и мероприятия, направленные на индустриализацию и развитие собственной промышленности. В данном случае уместен экономический процесс – импортозамещение – вытеснение или полное замещение иностранных товаров на рынке отечественными аналогами. Если российские предприятия будут получать больше прибыли из-за отсутствия конкуренции извне, у них будет больше средств на развитие и расширение своей производственной мощи.

Возвращаясь же к добыче и экспорту топливно-энергетических ресурсов, можно принять следующие меры – ввести ограничения по объёмам ежегодной добычи, отложить меры по рекультивации и поиску новых месторождений, обложить топливно-добывающие компании высокими налогами. Инвестиции и льготы, которые вышеупомянутые компании получают, в том числе из государственных фондов, будет можно перенаправить в другие отрасли экономики. Последние события – скачки цен на нефть; изменившая мир, пандемия коронавируса; обострившиеся политические отношения с Западом, – всё это должно стать толчком к тому, чтобы Россия построила инновационную экономику и встала на путь высокотехнологического развития, в том числе вкладывая экономические средства в топливно-энергетический производственный сектор.



Литература:

1. Баланс энергоресурсов за 2018 год // Государственная статистическая служба: официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL : https://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/prom/en_balans.htm (дата обращения 14.03.2021).
2. Институциональная экономика // Тема 2. Классическая политическая экономия [Электронный ресурс]. – URL : <http://institutional.narod.ru/history1/ch2.htm> (дата обращения 10.03.2021).
3. Макарычев М. В Германии возобновится строительство «Северного потока-2» [Электронный ресурс] // Российская газета. – 2020 (11 декабря). – URL : <https://rg.ru/2020/12/11/v-germanii-vozobnovitsia-stroitelstvo-severnogo-potoka-2.html> (дата обращения 12.03.2021).
4. Михайлова Д.Н., Терновой Д.Э., Гончарова Н.А. Приоритеты развития российской экономической системы // Экономика и управление: ключевые проблемы и перспективы развития: материалы X международной научно-практической конференции (Тихорецк, 25 октября 2019 г.). – Краснодар : Издательство ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России. Краснодарский ЦНТИ, 2019. – С. 233–237.
5. О внешней торговле в 2020 году // Государственная статистическая служба: официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL : http://www.gks.ru/bgd/free/b04_03/IssWWW.exe/Stg/d02/32.htm (дата обращения 14.03.2021).
6. Сергеева Е. ФТС зафиксировала снижение товарооборота между Россией и Евросоюзом [Электронный ресурс] // Парламентская газета. – 2019 (8 июля). – URL : <https://www.pnp.ru/economics/fts-zafiksirovala-snizhenie-tovarooborota-mezhdu-rossiy-i-evrosoyuzom.html> (дата обращения 12.03.2021).

References:

1. Balance of energy resources for 2018 // State Statistical Service: official website [Electronic resource]. – URL : https://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/prom/en_balans.htm (accessed 14.03.2021).
2. Institutional economics // Theme 2: Classical political economy [Electronic resource]. – URL : <http://institutional.narod.ru/history1/ch2.htm> (date of reference 10.03.2021).
3. Makarychev M. Germany will resume the construction of Nord Stream-2 [Electronic resource] // Rossiyskaya Gazeta. – 2020 (December 11). – URL : <https://rg.ru/2020/12/11/v-germanii-vozobnovitsia-stroitelstvo-severnogo-potoka-2.html> (accessed 12.03.2021).
4. Mikhailova D.N., Ternovoi D.E., Goncharova N.A. Priorities of development of the Russian economic system // Economics and management: key problems and prospects for development: materials of X international scientific-practical conference (Tikhoretsk, October 25, 2019). – Krasnodar : Publishing house of FGBU «Russian Energy Agency» of the Ministry of Energy of Russia. Krasnodar CNTI, 2019. – P. 233–237.
5. On foreign trade in 2020 // State Statistical Service: official website [Elektronnyi resurs]. – URL : http://www.gks.ru/bgd/free/b04_03/IssWWW.exe/Stg/d02/32.htm (date of reference 14.03.2021).
6. Sergeeva E. FCS recorded a decrease in trade turnover between Russia and the European Union [Electronic resource] // Parlamentskaya Gazeta. – 2019 (July 8). – URL : <https://www.pnp.ru/economics/fts-zafiksirovala-snizhenie-tovarooborota-mezhdu-rossiy-i-evrosoyuzom.html> (accessed 12.03.2021).



УДК 622.24

АНАЛИЗ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ В ПАО «НК «ЛУКОЙЛ»

ANALYSIS OF IMPROVING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF THE DRILLING PROCESS IN PJSC «NK «LUKOIL»

Давлетов Рафаэль Иршатович

магистр кафедры управленческой экономики
в нефтегазовом бизнесе,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет

Пантелюк Руслан Александрович

магистр кафедры управленческой экономики
в нефтегазовом бизнесе,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет

Аннотация. Автор в статье рассмотрел анализ проблем и перспектив бурения. Отечественный рынок нефтесервиса представлен широким спектром предоставляемых услуг – геофизические и геологоразведочные работы, бурение и обслуживание скважин, нефтепромысловые услуги, обслуживание наземного и подземного оборудования, увеличение нефтеотдачи и т.д. Однако наибольший удельный вес в структуре нефтесервисного рынка России занимает бурение разведочных и эксплуатационных скважин различной глубины, диаметра и способа эксплуатации. Проведен анализ возможностей ПАО «НК «Лукойл» в области повышения эффективности бурения.

Ключевые слова: бурение, оценка, предприятие, нефтегазовая отрасль, технологии, эффективность.

Davletov Rafael Irshatovich

Master of the Department of Oil and
Gas Drilling Engineering,
Ufa State Petroleum Technological University

Pantelyuk Ruslan Aleksandrovich

Master of the Department of Oil and
Gas Drilling Engineering,
Ufa State Petroleum Technological University

Annotation. The article analyzes the problems and prospects of drilling. The domestic market of oilfield services is represented by a wide range of services provided – geophysical and geological exploration, drilling and maintenance of wells, oilfield services, maintenance of ground and underground equipment, increased oil recovery, etc. However, the largest share in the structure of the Russian oilfield services market is occupied by drilling exploration and production wells of various depths, diameters and operating methods. The analysis of the possibilities of PJSC «NK «Lukoil» in the field of improving the drilling efficiency is carried out.

Keywords: drilling, evaluation, enterprise, oil and gas industry, technology, efficiency.

Перспективные направления и первоочередные задачи развития рынка бурения скважин во многом определяются внутренними факторами и тенденциями в секторе добычи и воспроизводства минерально-сырьевой базы углеводородов. Так, устойчивая тенденция – изменение географии добычи, ухудшение горно-геологических условий поиска, разведки и извлечения углеводородного сырья. В традиционных районах нефтедобычи (Западной Сибири, Северном Кавказе, Урало-Поволжье) наблюдаются увеличение глубины залегания продуктивных горизонтов, рост обводненности остаточных запасов, уменьшение пластового давления, усложнение геологического строения месторождений и т.д. В новых крупных районах нефтедобычи (Восточная Сибирь, Дальний Восток, шельф) пока низок уровень геологической изученности территорий и акваторий, поэтому возможны открытия новых крупных месторождений. Однако уже сейчас очевидно, что горно-геологические условия их освоения будут сложнее, чем в старых районах, а объем инвестиций – существенно выше.

Бурение скважин подразделяется на эксплуатационное и разведочное. В последние 10 лет отмечается тенденция роста объемов эксплуатационного бурения, в то время как данные по разведочному бурению показывают незначительные колебания. Эксплуатационное бурение увеличилось почти в два раза – до 27,3 млн м в 2019 г. по сравнению с 14,0 млн м в 2009 г. (рис. 3) [3, с. 8].

В 2019 г. крупнейшей компанией по объему эксплуатационного бурения стала «Роснефть». Ее доля в организационной структуре составляет 35 % (9561,9 тыс. м). Вместе с тем «Роснефть» впервые за последние пять лет сократила объемы проходки в эксплуатационном бурении – на 17 %, или почти на 2 млн м (рис. 1) [3, с. 8]. Однако падение проходки не повлияло критически на объемы добычи нефти, которые по итогам 2019 года оказались практически равны показателям 2018 г. «Роснефть» фокусируется на строительстве высокотехнологичных скважин, которые обеспечивают более эффективную разработку залежей и повышение нефтеотдачи пласта по сравнению с бурением наклонно-направленных скважин.

Наибольший удельный вес в структуре нефтесервисного рынка России занимает бурение разведочных и эксплуатационных скважин различной глубины, диаметра и способа эксплуатации.



На компании «Сургутнефтегаз» и ПАО «НК Лукойл» приходится 18 и 13 %, соответственно, от объема эксплуатационного бурения по стране в целом [2].

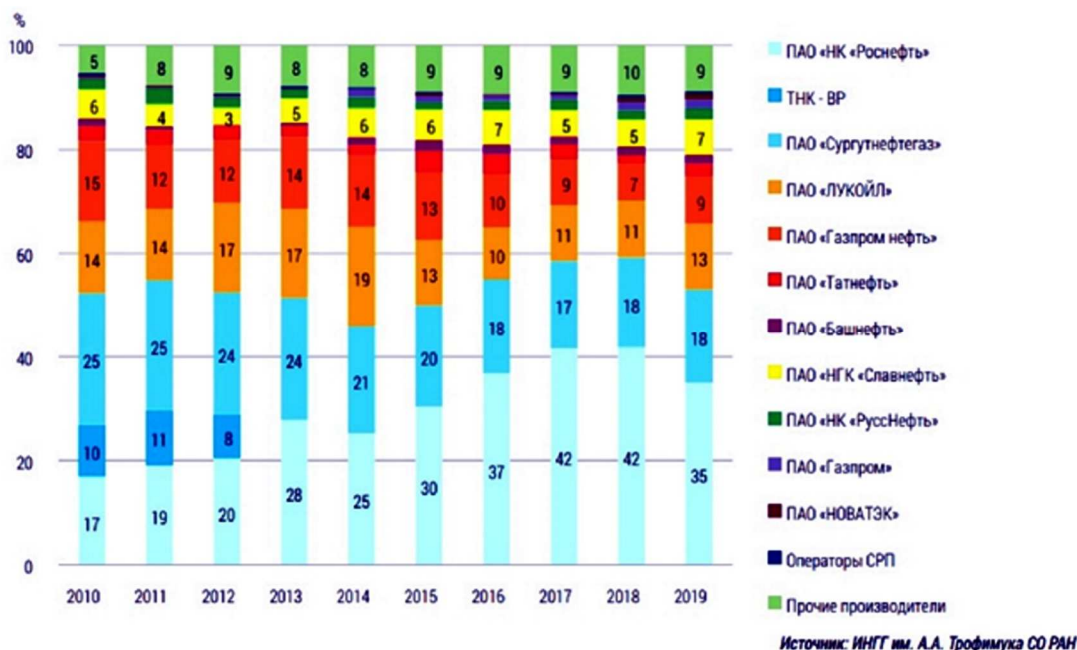


Рисунок 1 – Организационная структура рынка эксплуатационного бурения скважин за 2010–2019 гг.

По объемам разведочного бурения в 2019 г. крупнейшими компаниями стали «Сургутнефтегаз» (21 %), «Роснефть» (18 %) и ПАО «НК Лукойл» (16 %). Значительно возросла доля прочих производителей – до 17 % (рис. 2) [3, с. 9].

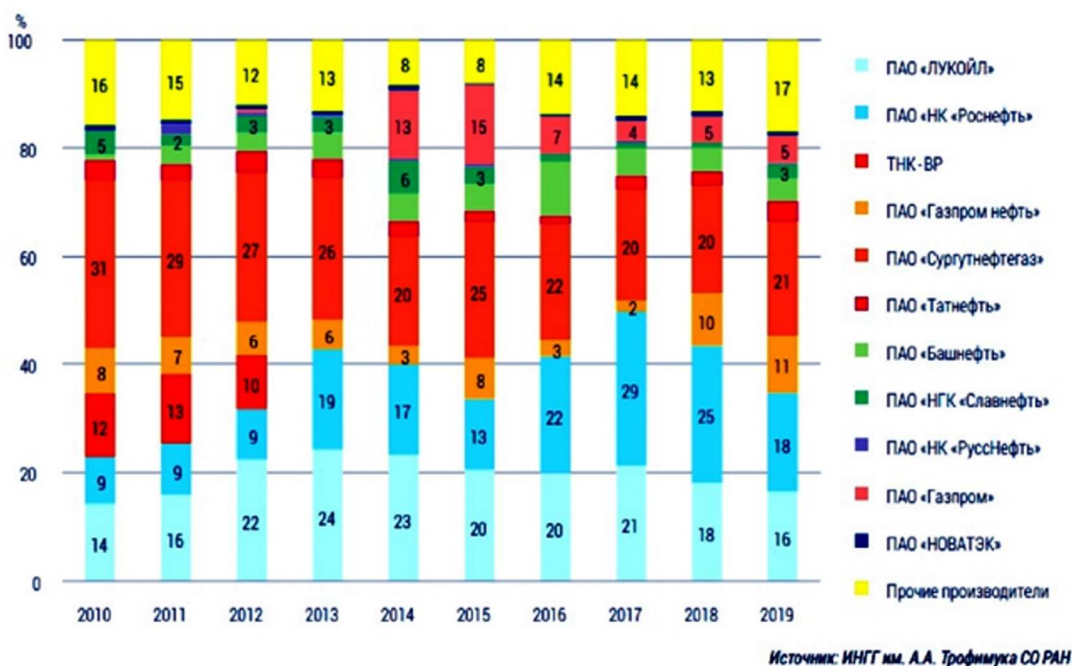


Рисунок 2 – Организационная структура рынка разведочного бурения за 2010–2019 гг.

Рост объемов эксплуатационного бурения в целом по России в последние годы был достигнут за счет увеличения бурения в Западной и Восточной Сибири, разведочного – на Волго-Урале и в Восточной Сибири [1, с. 24].

ПАО «НК «Лукойл» – одна из крупнейших вертикально интегрированных нефтегазовых компаний в мире, на долю которой приходится более 2% мировой добычи нефти и около 1 % доказанных запасов углеводородов.



Деятельность Компании можно разделить на три основных операционных сегмента:

- разведка и добыча (деятельность по разведке и разработке нефтегазовых месторождений и добыче нефти и газа);
- переработка, торговля и сбыт (переработка, нефтехимия, транспортировка и реализация нефти, природного газа и продуктов их переработки, деятельность по генерации, транспортировке и реализации электро- и тепловой энергии, в также оказание сопутствующих услуг);
- корпоративный центр и др.



Рисунок 3 – Эксплуатационное и разведочное бурение за 2009-2019 гг.

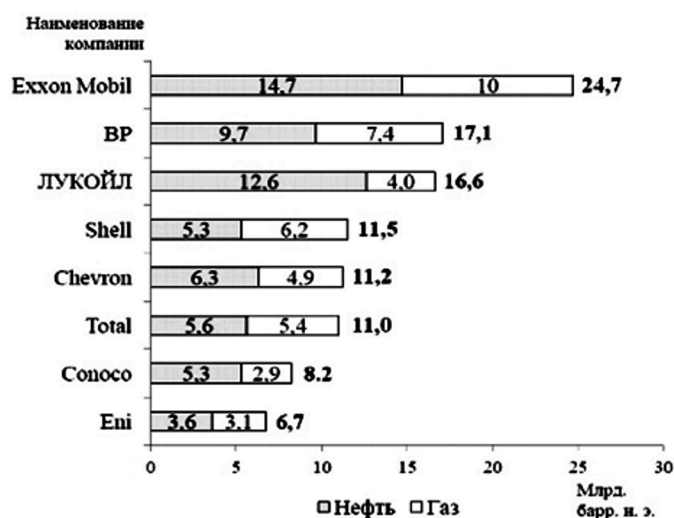


Рисунок 4 – Доказанные запасы углеводородов негосударственных нефтегазовых компаний мира

Группа «ЛУКОЙЛ» осуществляет геолого-разведочные работы (ГРП) для расширения ресурсной базы.

Проведение геолого-разведочных работ стабильно характеризуется высокой эффективностью благодаря применению передовых методов ГРП, выбору наиболее перспективных направлений с учетом результатов научно-исследовательских работ [4, с. 39].

Суточная добыча углеводородов в 1 квартале 2020 г. составила 2,38 млн баррелей нефтяного эквивалента в сутки – на 1 % ниже, чем в 1 квартале 2019 г. Около 77 % этого объема пришлось на добычу нефти и жидких углеводородов, а 23 % – на добычу природного и нефтяного газа.

Таким образом, Рынок бурения является ключевым индикатором состояния нефтесервисного рынка в целом, так как на него приходится более 35 % от всего объема нефтесервиса, а с учетом сопутствующих сервисов – более 50 %. В денежном выражении в 2019 г. рынок бурения оценивался более чем в 37 млрд руб. Поэтому сложившиеся тенденции в сфере бурения скважин будут характерны для всех сопутствующих сегментов, таких как сопровождение бурения, цементирование, ГИС и др.

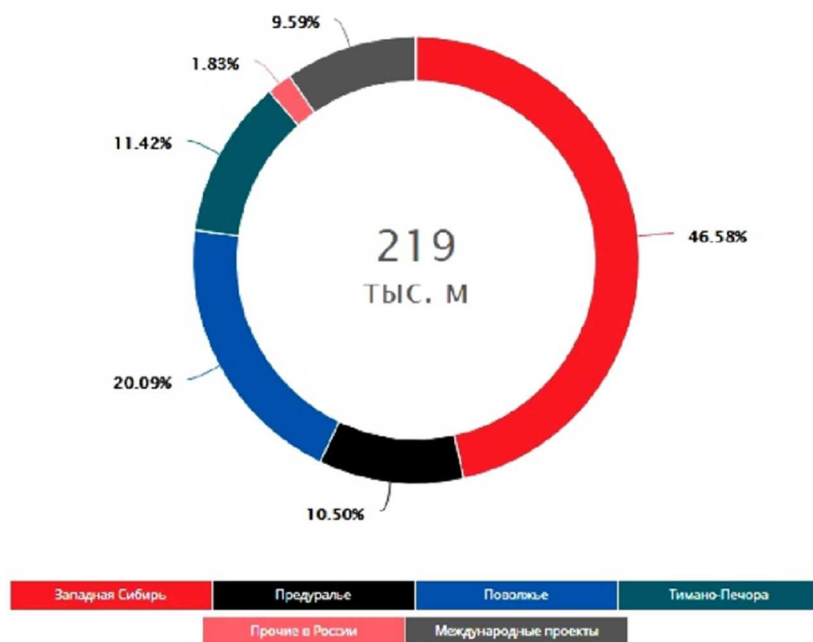


Рисунок 5 – Распределение разведочного бурения в 2019 г.

Литература:

1. Савчук В.П. Оценка эффективности инвестиционных проектов // Менеджмент в России и за рубежом. – 2016. – № 8. – С. 9–24.
2. Бурение и строительство скважин. Урманское месторождение: многократный и успешный опыт бурения на хвостовике / К. Сидоренко [и др.] // Нефтесервис. – 2014. – № 2. – С. 2–3.
3. Факторы развития нефтесервисного рынка России / И. Филимонова [и др.] // Нефтегазовая вертикаль. – 2020. – № 21–22. – С. 6–14.
4. E&Y Будущее нефтяной разведки России [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.ngv.ru> (дата обращения: 20.01.2021).

References:

1. Savchuk V.P. Assessment of Efficiency of Investment Projects // Management in Russia and Abroad. – 2016. – № 8. – P. 9–24.
2. Drilling and well construction. Urmanskoeye field: repeated and successful experience of drilling on the liner / K. Sidorenko [et al.] // Nefteservis. – 2014. – № 2. – P. 2–3.
3. Factors of development of oil service market in Russia / I. Filimonova [et al.] // Oil and Gas Vertical. – 2020. – № 21–22. – P. 6–14.
4. E&Y The future of Russian oil exploration [Electronic resource]. – URL : <http://www.ngv.ru> (access date: 20.01.2021).



УДК 622.24

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПО ПРИМЕНЕНИЮ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БУРЕНИЯ СКВАЖИН В НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЯХ

ECONOMIC MODEL FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF INVESTMENT PROJECTS FOR THE APPLICATION OF NEW TECHNOLOGIES FOR DRILLING WELLS IN OIL PRODUCING COMPANIES

Давлетов Рафаэль Иршатович

магистр кафедры управленческой экономики
в нефтегазовом бизнесе,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет

Пантелюк Руслан Александрович

магистр кафедры управленческой экономики
в нефтегазовом бизнесе,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет

Аннотация. Автор в статье рассмотрел анализ проблем и перспектив бурения. В современном процессе бурения нефтяных и газовых скважин пользуются устаревшими «Едиными нормами времени» (ЕНВ) и неверно оценивают эффективность проектов. Многие нормы и документы были составлены в еще прошлом веке, а процесс бурения сильно изменился с того момента и будет неправильно рассчитывать эффективность любого проекта по устаревшим нормам и правилам. Разработана экономическая модель оценки эффективности, которая устраняет завышения исчисляемых показателей оценки экономической эффективности.

Ключевые слова: бурение, оценка, предприятие, нефтегазовая отрасль, технологии, эффективность.

Davletov Rafael Irshatovich

Master of the Department of Oil and
Gas Drilling Engineering,
Ufa State Petroleum Technological University

Pantelyuk Ruslan Aleksandrovich

Master of the Department of Oil and
Gas Drilling Engineering,
Ufa State Petroleum Technological University

Annotation. The article analyzes the problems and prospects of drilling. In the modern process of drilling oil and gas wells, they use outdated «Common Time Standards» (ENV) and misjudge the effectiveness of projects. Many norms and documents were drawn up in the last century, and the drilling process has changed a lot since that moment and it would be wrong to calculate the effectiveness of any project according to outdated norms and rules. An economic model for assessing efficiency has been developed, which eliminates the overestimation of calculated indicators for assessing economic efficiency.

Keywords: drilling, evaluation, enterprise, oil and gas industry, technology, efficiency.

Настоящее научное исследование направлено на разработку экономической модели оценки эффективности инвестиционных проектов, позволяющей учитывать полноту всех экономических эффектов от инвестиций в развитие нефтяной компании (см. рис. 1).

Представленная экономическая модель на рисунке 1 включает в себя два этапа:

I этап – проведение в целом оценки эффективности проекта.

II этап – проведение оценки эффективности государственного участия в проектах строительства газовых и нефтяных скважин [1].

Первый этап предполагает проведение в целом оценки эффективности проекта, включающей в себя следующее:

– оценка экономической (общественной) эффективности проекта строительства газовых и нефтяных скважин;

– оценка коммерческой (финансовой) эффективности для нефтяной компании, включающая в себя следующее:

– оценка необходимого размера капитальных затрат на строительство газовых и нефтяных скважин, используя индекс Нельсона по следующей формуле (1).

$$KЗ_{п.јэталон} = KЗ_{уд.п.п.эталон} * I_{нј} * M_{нј}, \quad (1)$$

где $KЗ_{п.јэталон}$ – эталонное значение капитальных затрат на строительство и сооружение установки j -го процесса бурения (в пределах границ технологической установки за исключением затрат на общезаводское хозяйство), руб.; $KЗ_{уд.п.п.эталон}$ – удельные капитальные затраты на сооружение эталонной установки в бурении, руб./т; $I_{нј}$ – индекс Нельсона j -го процесса бурения (постоянная величина, определяемая путем соотношения удельных капитальных затрат на сооружение установки и работы при бурении к удельным капитальным затратам на изготовление и транспортировку установки), ед.; $M_{нј}$ – проектная номинальная мощность технологической установки j -го процесса бурения, т/год.



Первый этап – Оценка эффективности проекта «в целом»

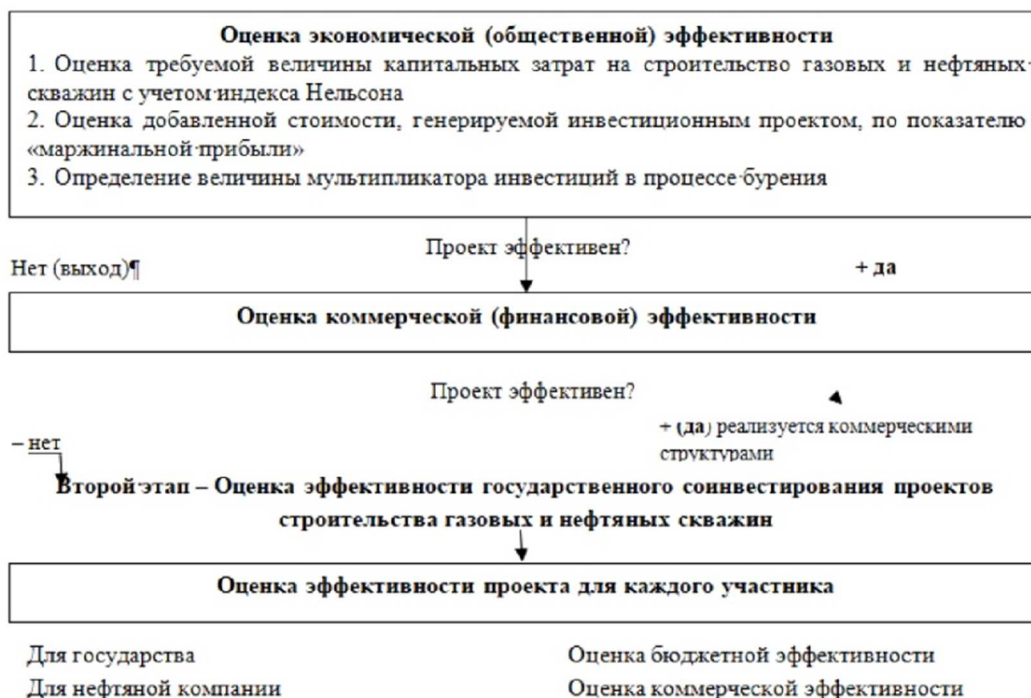


Рисунок 1 – Экономическая модель оценки эффективности инвестиционных проектов по применению новых технологий бурения скважин в нефтедобывающих компаниях

В процессе предварительного инвестиционного проектирования стоимость удельных капитальных затрат на сооружение эталонной установки в бурении ($KZ_{уд.п.п.эталон}$), на наш взгляд, необходимо определять с помощью индекса-дефлятора инвестиций в основной капитал по следующей формуле (2):

$$KZ_{уд.п.п.эталон} = \frac{KZ_{авт}}{M_c} * \alpha, \tag{2}$$

где $KZ_{авт}$ – фактическая стоимость капитальных затрат на сооружение эталонной установки, руб.; M_c – годовая мощность эталонной установки в бурении, т/год; α – индекс-дефлятор инвестиций в основной капитал, который позволяет учесть изменение $KZ_{авт}$ во времени, ед.

Коэффициент условной эффективности капитальных затрат определяется по формуле (3), по которому возможно осуществить поиск способов оптимизации стоимости требуемых капитальных вложений [2];

$$K_{уэ} = \frac{KZ_{в.п.п.проект}}{KZ_{в.п.п.эталон}} \tag{3}$$

где $K_{уэ}$ – коэффициент условной эффективности инвестиций в строительство сооружений установок; $KZ_{в.п.п.проект}$ – расчетная укрупненная величина на строительство установки, принятой в качестве эталонной; $KZ_{в.п.п.эталон}$ – проектное значение, определяемое с помощью традиционных сметных оценок.

Далее необходимо проводить оценку притока денежных средств от операционной деятельности и процедуру дисконтирования [3].

Добавленная стоимость, генерируемая инвестиционными проектами строительства скважин, по показателю «маржинальной прибыли» определяется с помощью формулы (4):

$$ДС = П_p + 3П_{отч} + R_{ен}t, \tag{4}$$

где $П_p$ – величина валовой (маржинальной) прибыли, руб.; $3П_{отч}$ – суммарная заработная плата работников проекта, руб.

Определение всех традиционных показателей экономической эффективности (чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности, срок окупаемости) осуществляется только с той разницей, что в величине притоков от операционной деятельности не ведется учет амортизационных отчислений, так как они являются перенесенной создаваемой стоимостью.



Определение величины показателя – «Мультипликатор инвестиций» (вместо традиционного индекса доходности инвестиций) рассчитывается с помощью формулы (5).

$$M = \frac{\sum_{z=1}^q DC_{нпз.i} + \sum_{j=1}^n DC_{н.i} + \sum_{k=1}^m DC_{п.i} + \sum_{v=1}^d DC_{об.i} + \sum_{l=1}^s DC_{см.i}}{I_{в.п.j-д}} + 1 \quad (5)$$

где $DC_{нпз.i}$, $DC_{н.i}$, $DC_{п.i}$, $DC_{об.i}$, $DC_{см.i}$ – добавленная дисконтированная стоимость НПЗ ($DC_{нпз}$) проектными организациями ($DC_{н.}$), подрядными организациями по строительству и вводу в эксплуатацию объектов «под ключ» ($DC_{п.}$), машиностроительными предприятиями – изготовителями оборудования для нефтяных компаний ($DC_{об.}$), предприятиями других смежных отраслей, занимающихся производством катализаторов, присадок, химикатов для бурения ($DC_{см.}$) в году i , руб.; q – количество нефтяных компаний; n – количество проектных, инжиниринговых компаний; m – количество подрядных организаций, выполняющих строительные-монтажные работы объектов бурения; d – количество предприятий машиностроительного комплекса, занимающихся производством и поставкой оборудования для объектов бурения; s – количество предприятий смежных отраслей; $I_{в.п.j-д}$ – дисконтированные инвестиции в бурении (на внедрение j -го процесса бурения), руб.

В случае, когда размер чистого дисконтированного дохода будет положительным, то внутренняя норма доходности будет больше социально-экономической нормы дисконта, при этом «мультипликатор инвестиций» будет больше единицы, и в итоге инвестиционный проект будет эффективным [4].

В соответствии с методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов проводится оценка коммерческой (финансовой) эффективности для проектов, у которых положительная экономическая (общественная) эффективность. В случаях, если инвестиционный проект с положительной экономической эффективностью, имеет отрицательную коммерческую эффективность, целесообразным является участие государства в таких проектах, что потребует дополнительного обоснования.

Итоговым результатом первого этапа предложенной модели (см. рис. 1) является проведение оценки показателей экономической и коммерческой эффективности проектов нефтяной компании.

На втором этапе разработанной модели проводится оценка эффективности инвестиционных проектов строительства скважин для каждого из участников:

- для государства (оценка бюджетной эффективности);
- для нефтяной компании (оценка коммерческой эффективности с государственным участием).

Таким образом, положительные показатели эффективности подтверждают целесообразность государственных инвестиций в развитие процессов бурения и являются основанием для принятия инвестиционных решений. К преимуществам разработанной экономической модели оценки эффективности проектов по применению новых технологий бурения скважин в нефтяных компаниях относятся:

- 1) устранение завышения исчисляемых показателей оценки экономической эффективности, обеспечивающие объективность и достоверность обоснования инвестиций в процессе бурения скважин;
- 2) доказательство и оценка целесообразности государственного участия в проектах бурения;
- 3) оценка полноты проявления всей совокупности эффектов, обусловленных реализацией проектов строительства скважин, учитывая государственные и общественные интересы.

Литература:

1. Ример М.И., Касатов А.Д., Матиенко Н.Н. Экономическая оценка инвестиций. – СПб. : Питер, 2017. – 437 с.
2. Савчук В.П. Оценка эффективности инвестиционных проектов // Менеджмент в России и за рубежом. – 2016. – № 8. – С. 9–24.
3. Сердюк Н.И., Ганджумян Р.А., Калинин А.Г. Расчёты в бурении: справ. пособие. – М. : РГГРУ, 2017. – 668 с.
2. Бурение и строительство скважин. Урманское месторождение: многократный и успешный опыт бурения на хвостовике / К. Сидоренко [и др.] // Нефтесервис. – 2014. – № 2. – С. 2–3.

References:

1. Rimer M.I., Kasatov A.D., Matienko N.N. Economic Evaluation of Investments. – SPb. : Peter, 2017. – 437 p.
2. Savchuk V.P. Assessment of Efficiency of Investment Projects // Management in Russia and Abroad. – 2016. – № 8. – P. 9–24.
3. Serdyuk N.I., Gandzhumyan R.A., Kalinin A.G. Calculations in drilling: handbook. – M. : RGRU, 2017. – 668 p.
4. Drilling and well construction. Urmanskoje field: repeated and successful experience of drilling on the liner / K. Sidorenko [et al.] // Nefteservis. – 2014. – № 2. – P. 2–3.



УДК 338.988:622.323

СДЕЛКИ ПО СЛИЯНИЮ-ПОГЛОЩЕНИЮ КОМПАНИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА: ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

MERGERS AND ACQUISITIONS OF MINERAL RESOURCES COMPANIES: EFFICIENCY ASSESSMENT AND ECONOMIC SECURITY ISSUES

Кузовлева Нина Федоровна

кандидат экономических наук,
профессор кафедры экономической экспертизы и
финансового мониторинга,
Российский технологический университет г. Москва

Прокофьева Людмила Михайловна

кандидат геолого-минералогических наук,
доцент кафедры экономики минерально-сырьевого комплекса,
Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе

Аннотация. Рассматриваются особенности и недостатки способов оценки эффекта синергии, даются предложения по использованию комплексной модели оценки эффекта синергии на основе дисконтирования денежных потоков с последующей корректировкой на показатели, влияющие на оценку эффекта синергии при слияниях-поглощениях компаний, в т.ч. на деловую репутацию компании в целях обеспечения экономической безопасности сделок слияний-поглощений на предприятиях минерально-сырьевого комплекса.

Ключевые слова: эффект синергии, методы оценки, справедливая стоимость акций, экономическая безопасность.

Kuzovleva Nina Fedorovna

Candidate of Economic,
Professor of the Department of Economic
Expertise and Financial Monitoring,
Russian Technology University, Moscow

Prokofieva Liudmila Mikhailovna

Candidate of Geology,
Associated Professor of Economics of
Mineral Resources Complex Department
Russian State Geological Prospecting
University named after S. Ordzhonikidze

Annotation. The article discusses the features and disadvantages of methods for assessing the synergy effect, and offers suggestions for using a comprehensive model for assessing the synergy effect based on discounting cash flows, followed by adjusting for indicators that affect the assessment of the synergy effect in mergers and acquisitions of companies, including the business reputation of the company in order to ensure the economic security of mergers and acquisitions at enterprises of the mineral and raw materials complex.

Keywords: synergy effect, valuation methods, fair value of shares, economic security.

Падение спроса и снижение цен на минеральное сырье, в первую очередь нефть, из-за непредвиденных событий пандемии 2020 года ведет к ухудшению финансового положения добывающих предприятий минерально-сырьевого комплекса и даже к банкротству мелких и средних компаний. В то же время крупные и более успешные компании получили возможность нарастить свои активы. Приобретение новых активов, создание совместных предприятий и различного рода альянсов в конечном счете могут способствовать укреплению позиций на рынках, росту рентабельности производства. Кроме того, сказывается эффект масштаба, который позволяет компаниям действовать более гибко в условиях нарастающей конкуренции.

Вместе с тем, необходимо отметить, что около 70 % сделок слияний-поглощений приводят к уменьшению акционерной стоимости компании, прежде всего, вследствие недооценки факторов, от которых зависит стоимость новой компании, и неверного подхода к оценке эффекта от сделок слияний-поглощений, что, безусловно, влияет на обеспечение экономической безопасности предприятий добывающих отраслей.

Так, по мнению Ищенко С.М. [1] при определении величины эффекта синергии учитываются лишь выгоды, которые получит компания-покупатель от приобретения компании-цели, но не учитываются затраты, понесенные во время осуществления сделки, такие как:

- премия, выплачиваемая на акции при покупке компании-цели, которая может быть особенно велика в случае враждебного поглощения;
- дополнительные инвестиции на реструктуризацию (например, модернизация, оплата долгов приобретенной компании, расходы по выводу ее из финансового кризиса);
- затраты и потери, понесенные в ходе поглощения, или транзакционные издержки, к числу которых относятся затраты на составление проекта контракта, проведение переговоров и обеспечение гарантий реализации соглашения, расходы на организационные и эксплуатационные расходы, затраты, связанные с точным выполнением контрактных обязательств, затраты на поиск и обработку необходимой информации. К таким затратам также можно отнести затраты на государственную реги-



страцию и учреждение новой организации, издержки ведения реестра, издержки фондовых операций и эмиссии, почтовые и рекламные издержки, затраты на судебный процесс, если при слиянии-поглощении возникнут спорные вопросы.

Улучшения, приносимые объединением компаний, должны превышать те, которые инвесторы уже ожидают от покупателя и компании-цели, действующих отдельно. Уровень этих ожидаемых автономных улучшений есть первая планка, которую должно преодолеть любое объединенное предприятие. Когда покупатель выплачивает премию акционерам компании-цели, текущая стоимость любых выгод, приносимых объединенным предприятием, должна быть уменьшена на эту премию. Чем выше уплаченная премия, тем ниже потенциальные выгоды покупателя. Покупатели также должны понимать: передавая первоначальные синергетические выгоды продавцу в виде премии, что они остаются с задачей достижения остающихся синергетических эффектов, что нередко оказывается наиболее трудным делом [2].

Одной из наиболее распространенных ошибок при создании модели оценки эффекта синергии является суммирование прибылей обеих компаний и их синергетических эффектов. При этом не учитывается некоторое снижение прибыли вследствие размывания прибыли, т.е. отрицательной синергии, или «побочных эффектов слияния».

Таким образом, использование в модели переменных, учитывающих затраты по проведению сделок слияний-поглощений, позволит более объективно подойти к определению величины эффекта синергии и выявить неперспективные сделки, когда с учетом затрат эффект синергии окажется отрицательным, что, безусловно, скажется на экономической безопасности компании.

Применяемые на практике модели основаны на определении единовременного эффекта синергии и не учитывают эффект, который проявляется не сразу после объединения, а в последующих периодах. Поэтому при оценке эффекта синергии нужно рассматривать денежные потоки компании за ряд последующих лет, приводя их величину к текущему моменту на основе дисконтирования.

Также, необходимо отметить, что современные модели оценки эффекта синергии не учитывают качественные преимущества сделок слияний-поглощений, к числу которых можно отнести социальный и экологический аспекты проявления эффекта синергии, эффект командной синергии (рост доходов или снижение расходов компании в результате объединения управленческих способностей менеджеров или профессиональных навыков сотрудников компаний). Большинство слияний-поглощений, признанных неудачными, оказались таковыми как раз вследствие противодействия менеджеров приобретенной компании или невозможности преодоления социально-культурных различий между сотрудниками объединенного предприятия [3].

Кроме того, необходимо учитывать влияние слияния-поглощения на деловую репутацию компании. Сделка может принести компании высокую прибыльность, но испортить ее репутацию, что в дальнейшем может лишить организацию множества перспективных проектов.

В связи с этим представляется актуальным предложить новый подход к оценке величины эффекта синергии для предприятий минерально-сырьевого комплекса (МСК) и сделать вывод о необходимости разработки комплексной модели оценки эффекта синергии при слияниях-поглощениях компаний, а также совершенствовать алгоритм принятия управленческих решений по отбору перспективных сделок, применение которого будет способствовать обеспечению экономической безопасности предприятий МСК.

Представляется целесообразным при расчете величины эффекта синергии использовать модель дисконтирования денежных потоков с последующей корректировкой на показатели, влияющие на оценку эффекта синергии при слияниях-поглощениях компаний, в т.ч. экспертную оценку влияния на деловую репутацию компании. Кроме того, рост выручки и экономия расходов при проявлении разных форм эффекта синергии необходимо рассматривать в контексте особенностей отдельных отраслей и с учетом непосредственного эффекта, который с наибольшей вероятностью может проявиться у предприятий данной отрасли.

Оценщику, применяющему данную модель, необходимо:

- сформировать базу данных по сделкам слияния-поглощения за ряд лет и вести статистику движения курсов акций компаний, участвовавших в данных сделках;
- сформировать базу данных по компаниям-аналогам, акции которых активно покупаются и продаются на биржах (в разрезе отдельных отраслей);
- определить денежный мультипликатор, на основе которого будет рассчитываться справедливая стоимость акции компании;
- отслеживать динамику справедливой стоимости акции компаний, участвовавших в сделках слияния-поглощения, определенной при помощи выбранного мультипликатора;
- сформировать базу данных справедливой стоимости акции, определенной при помощи выбранного мультипликатора по компаниям-аналогам (в разрезе отдельных отраслей).

Необходимо отметить, что рыночная стоимость акций может быть сильно переоценена, или же недооценена. Определение денежного мультипликатора может проводиться методом экспертных оценок в зависимости от специфики деятельности компании. Основные мультипликаторы, на которые можно опираться при расчете справедливой стоимости акции, представлены в таблице 1.



Таблица 1 – Показатели, используемые для расчета справедливой стоимости акций

Мультипликатор	Расшифровка показателя
Справедливая стоимость акции по P/E	Соотношение цены и прибыли компании
Справедливая стоимость акции по PEG	Соотношение цены акции с прибылью на акцию и ожидаемой будущей прибылью компании
Справедливая стоимость акции по P/S	Соотношение цены и выручки компании
Справедливая стоимость акции по EV/EBITDA	Отношение стоимости компании к ее прибыли до вычета налогов, процентов и амортизации
Справедливая стоимость акции по EV/S	Соотношение стоимости компании и ее выручки

Обязательно нужно вести обзор информации в крупнейших СМИ о возможной предстоящей сделке слияния-поглощения, что, несомненно, влияет на начальную стоимость акций компаний. Это позволит сформулировать объективные выводы о перспективности намечаемой сделки и примерной величине ожидаемого эффекта синергии. Данный подход применим для экспресс-оценки ожидаемого эффекта синергии и предварительного отбора компаний-целей для участия в сделках слияний-поглощений, а также вступления компании в новые проекты.

Можно предложить следующий алгоритм оценки эффекта синергии, который включает в себя следующие этапы.

1. Определение основных временных промежутков вступления в сделку: от момента фактического (прогнозного) оповещения СМИ общественности о планируемой сделке до фактического вступления в сделку.
2. Фиксирование рыночной цены акции до вступления в сделку (фактическая / прогнозная).
3. Выбор мультипликатора для расчета справедливой цены акции в течении всего периода прогнозирования (фактической) оценки эффекта синергии.
4. Расчет справедливой стоимости акции в момент объявления широкой общественности о планируемой сделке (фактический / прогнозный).
5. Расчет справедливой стоимости акции после вступления в сделку (фактический / прогнозный).
6. Расчет рыночной капитализации компании в установленные временные промежутки, оценка изменений.
7. Обзор информации СМИ, поиск (прогноз) других возможных причин изменения капитализации компаний.
8. Оценка отражения сделки на деловой репутации компании, оценка нематериальных выгод с учетом специфики отрасли.
9. Разработка на основе предложенного механизма отбора эффективных сделок рекомендаций по принятию управленческих решений относительно целесообразности заключения сделки по слиянию-поглощению компаний.

Несомненно, количественный эффект синергии от совершенных сделок на рынке слияний-поглощений будет всегда иметь первостепенное значения для организаций, поскольку любая компания стремится заработать на сделках прибыль. Однако, немаловажными являются и качественные критерии, которые могут позволить компании выйти на принципиально новый уровень развития, занять новую нишу на рынке производства и реализации продукции, выйти на международный уровень. Оценка эффекта синергии при слияниях-поглощениях компаний является сложным процессом, и для качественного его осуществления нужно придерживаться сформированного алгоритма, который позволит учесть все возможные последствия. Не стоит забывать и о нематериальных благах, особенно о деловой репутации фирмы, которая зарабатывается долгим и упорным трудом, и очень тяжело восстанавливается.

Предложенная методика оценки эффекта синергии при слияниях-поглощениях компаний позволяет более точно и объективно учесть, и оценить полный спектр проявления форм эффекта синергии (как количественных, так и качественных), влияющих на эффективность интеграции организаций, позволяет отбирать и заключать только те сделки слияний-поглощений, которые будут способствовать развитию фирмы и увеличению ее стоимости, что положительно отразится на обеспечении экономической безопасности предприятий минерально-сырьевого комплекса России.

Представляется целесообразным рекомендовать предприятиям МСК также проводить оценку эффективности сделок по слиянию-поглощению компаний на основе показателя «чистый приведенный эффект синергии»; такая оценка включает следующие этапы.

1. Оценка фирм, независимо от количества вовлеченных в слияние-поглощение. При этом ставка дисконта принимается на уровне средневзвешенной цены капитала фирмы, а прогнозный период составляет 3–5 лет. Проводится оценка компании-покупателя как отдельно взятой фирмы, и оценка «статус-кво» целевой фирмы, или оценка ее стоимости при существующем инвестировании, финансировании и дивидендной политике.



2. Оценка стоимости корпоративного контроля над компанией-целью, или максимальной величины премии, на которую могут рассчитывать акционеры компании-цели. Стоимость контроля оценивается при помощи расчета изменений, которые компания-покупатель планирует осуществить в целевой фирме как разница между стоимостью оптимально управляемой фирмы и стоимостью фирмы при существующем руководстве.

3. Оценка объединенной фирмы при отсутствии синергии. Оценка объединенной фирмы при отсутствии синергии производится путем сложения стоимостей, полученных для каждой независимой фирмы, компании-покупателя и компании-цели.

4. Оценка различных форм проявления эффекта синергии. Влияние проявления отдельных форм эффекта синергии встраивается в ожидаемые денежные потоки объединенной компании, и производится оценка ее стоимости с учетом ожидаемых выгод. Разница между рыночной стоимостью объединенной фирмы со встроенной синергией и рыночной стоимостью объединенной фирмы без синергии дает стоимость синергии при слиянии-поглощении.

5. Определение величины чистого приведенного эффекта синергии. Основной движущей силой слияния-поглощения может выступать синергия, а не контроль, представляющий собой лишь полномочия, необходимые для возможности получения синергии. Если уровень доходов объединенной компании в будущем не выйдет на расчетные значения с учетом премии, инициаторы сделки понесут убытки.

6. Разработка на основе предложенного механизма отбора эффективных сделок рекомендаций по принятию управленческих решений относительно целесообразности заключения сделки по слиянию-поглощению компаний.

Вместе с тем, данный алгоритм отбора эффективных сделок по слиянию-поглощению компаний можно совершенствовать: например, внести в него на этапе планирования рассмотрение *возможных качественных эффектов синергии*. В некоторых ситуациях качественный эффект синергии может превзойти количественный, и в случае, если сделка не прогнозирует компании материального убытка, стоит рассмотреть ее даже в случае невысоких денежных выгод.

Также необходимо осторожно относиться к сделкам, которые, предположительно, не принесут высоких денежных выгод, однако могут расширить рынки сбыта. Если перед организацией стоит возможность выхода на международный рынок, то даже при условии убыточности конкретной сделки, руководство должно решить, стоит ли на это соглашаться, поскольку данную сделку можно рассматривать не как убыточное слияние или поглощение, а как *инвестицию*.

Кроме того, изменение репутации компании на фоне совершения сделки является очень важным аспектом. Возможно, организации следует даже отказаться от потенциально высоко прибыльного проекта, если он негативно влияет на ее деловую репутацию. Такое благо, как деловая репутация, может в дальнейшем принести компании много выгод, или же наоборот, убытков. Репутацию сложно восстановить, поэтому нужно относиться к ней предельно осторожно и бережно.

Таким образом, управленческие решения, принимаемые в целях обеспечения эффективности сделок по слиянию-поглощению на основе оценки эффекта синергии, будут способствовать обеспечению экономической безопасности компаний минерально-сырьевого комплекса России.

Литература:

1. Ищенко С.М. Управление стоимостью компании на основе достижения эффекта синергии. – Киев : ПП «Люксар», 2012. – 320 с.
2. Коупленд Т., Коллер Т., Муррин Дж. Стоимость компаний: оценка и управление. – М. : ЗАО «Олимп-Бизнес», 2015. – 576 с.
3. The people problem in mergers (2000). The McKinsey Quarterly, November [Электронный ресурс]. – URL : http://www.mckinseyquarterly.com/Corporate_Finance/M A/The_people_problem_in_mergers_934 (дата обращения: 10.02.2021)

References:

1. Ishchenko S.M. Managing the value of the company on the basis of achieving the effect of synergy. – Kiev : PP «Luxar», 2012. – 320 p.
2. Copeland T., Koller T., Murrin J. The Value of Companies: Assessment and Management. – M. : ZAO Olimp-Business, 2015. – 576 p.
3. The people problem in mergers (2000). The McKinsey Quarterly, November [Электронный ресурс]. – URL : http://www.mckinseyquarterly.com/Corporate_Finance/M A/The_people_problem_in_mergers_934 (10.02.2021).



УДК 338.988:622.323

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАРКЕТИНГОВОЙ СТРАТЕГИИ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА

IMPROVEMENT OF MARKETING STRATEGY FOR ENTERPRISES OF THE MINERAL COMPLEX

Новикова Светлана Алимовна

кандидат технических наук, доцент
кафедры производственного и финансового менеджмента,
Российский государственный геологоразведочный университет
им. Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ)

Власова Маргарита Анатольевна

кандидат технических наук, магистрант
кафедры производственного и финансового менеджмента,
Российский государственный геологоразведочный университет
им. Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ)

Аннотация. В данной статье рассматриваются основные аспекты маркетинговой стратегии, анализируются цели, задачи маркетинговой деятельности, использование инструментов маркетинга, предложение по оптимизации маркетинговой деятельности и оценка эффективности предложенных мероприятий.

Ключевые слова: маркетинг, стратегия, анализ, деятельность, минерально-сырьевой комплекс.

Novikova Svetlana Alimovna

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Department of Industrial and
Financial Management,
Russian State Geological Prospecting
University named after Sergei Ordzhonikidze
(MGRI-RGGRU)

Vlasova Margarita Anatolievna

Candidate of Technical Sciences,
Master's Student,
Department of Industrial and
Financial Management,
Russian State Geological Exploration
University named after Sergei Ordzhonikidze
(MGRI-RGGRU)

Annotation. This article considers the basic aspects of marketing strategy, analyzes the goals, objectives of marketing activities, the use of marketing tools, proposals for the optimization of marketing activities and evaluation of the effectiveness of the proposed measures.

Keywords: marketing, strategy, analysis, activity, mineral complex.

Актуальность данной темы вызвана тем, что использование инструментов маркетинга повысят конкурентоспособность предприятия и это повлияет положительно.

Сырьевой комплекс – очень важный элемент мировой экономики. Доходы от его деятельности продолжают играть ключевую роль в инвестиционной, производственной и финансовой сферах в странах с богатой минерально-сырьевой базой.

На сегодняшний день, маркетинг наиболее важная сфера деятельности любой организации, которая существует в условиях современной экономики. Под маркетингом понимается такая система внутрифирменного управления, которая ориентирована на исследование и учет спроса и притязаний рынка для больше обоснованной ориентации производственной работы компаний на выпуск конкурентных обликов продукции, в заблаговременно поставленных размерах и отвечающих конкретным технико-экономическим чертам. При этом рассчитывается, что осуществление намеченной ассортиментной структуры имеет возможность гарантировать компании получение более больших доходов или же крепкое состояние на рынке.

В частности, заметно усилилось движение по охране окружающей среды, которое акцентирует внимание на проблемах воздействия маркетинга на окружающую среду необходимого повышения качества жизни.

На сегодняшний день природных ресурсов в мире становится всё меньше, и уже не хватает на поддержание длительного и бурного роста потребления. Что говорить о ценах на некоторые ресурсы – они стремительно растут и тем самым, увеличиваются затраты. Компании должны более экономно расходовать ресурсы, энергию что бы соответствовать экологическим требованиям. Ограниченность ресурсов вызывает у производителей новаторские решения, ведь в конечном счете выигрывают именно те предприятия, которые смогли выжить при ограничении ресурсов.

Основной задачей для любого предприятия, будет построение эффективной системы управления. Современные направления менеджмента подразумевают необходимость уделять большое внимание внешней среде, в связи с этим возникает необходимость наладить коммуникации организации с различными общественными группами.

Маркетинг является важным компонентом управления современной компанией. Маркетинговая или рыночная ориентация, в первую очередь, направлена на то, что рынком более востребовано. Та-



ким образом, существуют ключевые положения, которые применимы практически во всех областях коммерческой деятельности и поможет обойти все трудности, уменьшив риск в достижении поставленных целей.

Компания, которая желает реализовываться, старается находить клиентов, создает новые продукты, продвигает их на рынок, складировать, транспортирует, договаривается о тарифах и т.д. Основание работы маркетинга пересматривают такие занятия, как разработка продукта, исследование, налаживание коммуникации, организация распределения, установление цен, развертывание службы сервиса. Но как правило, именно, маркетинг – удел продавцов, но занимаются им и покупатели. Как пример, домохозяйки осуществляют в жизнь индивидуальный «маркетинг», когда занимаются поисками оптимальных им товаров по определенным ценам, которые они готовы заплатить.

Управление маркетингом имеет возможность реализоваться с позиций пяти различных раскладов. Концепция улучшения изготовления заявляет, что покупатели станут благоволить товарам, легкодоступным по невысоким тарифам, и, значит, задача управления – улучшить финансовую эффективность изготовления и снизить стоимость. Концепция улучшения продукта исходит из того, что покупатели оказывают предпочтение товарам высочайшего свойства и, значит, больших усилий по стимулированию не потребуется. Концепция интенсификации коммерческих усилий базируется на том, что продукты организации не будут покупать в больших количествах, если не воодушевлять клиентов к этому, с помощью усилий в сфере релиза и стимулирования. Концепция маркетинга основывается на таком утверждении, что компания обязана с поддержкой изучения дела и требования буквально очерченного мотивированного рынка, гарантировать их желанное ублажение. Концепция социально-этичного маркетинга является гарантией заслуги целей организации, ее дееспособность гарантировать потребительское довольство и длительное благоденствие, и покупателя и общества в целом.

Благодаря маркетингу, создается новый образ мышления в управлении компанией. Он создается, как комплекс умственных установок, направленных на оптимальное приспособление конкретных целей к реальным возможностям [3].

Задачей маркетинговой деятельности, является усиление тенденции совершенствования производства, с целью увеличения эффективности функционирования производства. Эффективность функционирования направлена на цели (текущие и долговременные), пути их достижения, а также определение товарного ассортимента, качества и структуры производства, уровень возможной прибыли. Так же, выполнение анализа и прогнозирование сегментов рынка, его конъюнктуры и конкурентной среды.

На этапе, когда идёт планирование маркетинга, подбираются такие элементы, которые объединяются в наиболее оптимальный комплекс, для достижения поставленных целей, а также распределения финансовых средств в рамках бюджета маркетинга [1].

Маркетинговая деятельность – это комплекс мероприятий, который изучает следующие основные направления деятельности:

1. анализ внешней среды предприятия, выявляющий факторы, содействующие коммерческому успеху;
2. анализ потребителей, потенциальных и актуальных, исследование характеристик потребителей;
3. планирование и изучение товаров;
4. обеспечение ценовой политики;
5. управление системой маркетинга, как планирование, контроль и выполнение маркетинговых программ;
6. оценка рисков и эффективность маркетинговых решений.

Потребитель предъявляет свои определенные требования к каждому товару: количество, сроки поставки, технические характеристики, качество и так далее.

Так же, существуют цели маркетинговой деятельности, они могут быть качественными и количественными. Качественные цели, чаще всего сложно измерить в виде какого-то показателя.

К таким целям можно отнести:

- создание благоприятного образа фирмы;
- наиболее полное удовлетворение существующих потребностей;
- информирование потребителей о товарах и услугах;
- забота об окружающей среде;
- создание благоприятных условий для продажи товара и др.

Что нельзя сказать о количественных целях, которые имеют четкое измерение в условных единицах, которые с легкостью можно рассчитать с помощью определенных показателей.

К таким целям, можно отнести:

- рост объема продаж;
- рост выручки;
- рост прибыли;
- увеличение объемов производства;
- снижение издержек и др.



В современной литературе, существует много трактовок понятия «маркетинг», но все они отражают единую цель – это эффективная продажа товара на конкурентоспособном уровне, для получения прибыли. Активную роль в пропаганде идей маркетинга играют национальные и международные ассоциации.

Американская ассоциация маркетинга в 1985 году дала следующее определение: «Маркетинг представляет собой процесс планирования и воплощения замысла, ценообразования, продвижение и реализацию идей, товаров и услуг посредством обмена, удовлетворяющего цели отдельных лиц организации» [3].

Маркетинг связан не только с производством и сбытом продукции, но и принятием стратегических решений, таких как: сегментирование рынка, выделение целевой аудитории, позиционирование товара или услуги. Такие решения должны предшествовать началу вложения средств в производство.

Петер Друккер говорит об этом так: «Цель маркетинга – сделать усилия по сбыту ненужными. Его цель – так хорошо познать и понять клиента, что товар или услуга будут точно подходить последнему и продавать себя сами» [2].

Для успешной деятельности и повышения эффективности продаж, существуют различные инструменты маркетинга и способы для обеспечения взаимоотношений между потребителем и компанией. Инструменты маркетинга, используемые для успешного достижения целей компании, реализуются через комплексы маркетинга (система 4P): продукт, продвижение, сбыт и цена.

Концепция комплекса, и маркетинга в целом – удовлетворять потребности потребителей. Следуя этому, предприятие стремится повлиять на решение потребителей о покупке, но сделать это сможет только предлагая потребителю действительно нужный ему продукт. Из этого, мы сделаем вывод, что продукт – это центральный инструмент маркетинга, товар – это всё то, что может удовлетворить потребности и запросы.

Существуют следующие основные инструменты маркетинга:

- маркетинговые исследования;
- товарная политика;
- каналы сбыта;
- цена;
- реклама.

Поскольку маркетинг является частью рыночных отношений, деятельность предприятий ориентирована на рыночное управление. Управление маркетингом представляет собой процесс выполнения всех принципов и функции реализации.

Рассмотрим четыре основных принципа маркетинга:

1. Ориентация бизнеса на запросы потребителя. Такой принцип предполагает исследовательскую и аналитическую работу, изучение рынка и мотивацию потребителей.

2. Сегментация целевого рынка. Суть состоит в том, что предприятие должно выявить группу потребительских предпочтений ориентированных на однотипную реакцию предпочтений, тем самым достигнув преимуществ по сравнению с конкурентами.

3. Адаптация и гибкое реагирование производства сбыта на требование активного и потенциального спроса. Мобильность управления деятельностью фирмы, зависящих от меняющихся условий рынка и потребностей потребителей.

4. Инновация. Постоянное совершенствование выпускаемой продукции, технологии производства и научно-исследовательских работ.

Чтобы реализовать принципы маркетинга, нужно ориентироваться на его функции.

Множество предпринимателей даже не знают, что такое маркетинг и зачем он вообще нужен. Они не знают, как можно планировать что-то на несколько лет вперед. Такие факторы могут зависеть от нескольких причин:

1. Ограниченность финансовых средств. Услуги профессиональных маркетологов дорогостоящие, у некоторых фирм бюджет зачастую весьма мал.

2. Предприниматели недостаточно грамотны в вопросах важности ведения маркетинговой деятельности.

Успех в бизнесе напрямую зависит от успеха в маркетинговой деятельности. Успешный бизнесмен знает, что хочет потребитель и постарается обеспечить его этим. Введение маркетинга в хозяйственную деятельность предприятия поможет эффективности его деятельности.

Если предприниматель знает слабые места своих конкурентов, он может превратить их слабые стороны в свои преимущества.

Чтобы изменить отношение предпринимателей в сфере маркетинга, поможет положительный опыт важности проведения маркетинговой деятельности. [4]

Поскольку увеличение социальных условий порождает новые потребительские запросы, а удовлетворение потребительских предпочтений изменяет сервисные услуги.

В настоящее время, большинство услуг оказываемых организациями связаны с информацией и технологией. Это вызывает обострение конкурентной борьбы.



Сейчас, чтобы добиться успеха, компании нужно «услышать» своего покупателя. А удовлетворив максимальное количество потребителей, возможно получить максимальную эффективность.

Итогом изучения в маркетинге считается осознание работы конкурентов, структуры рынка, правительственных решениях в области регулирования и стимулирования рынка, финансовых направленных на рынке, изучение технических достижений и множества иных моментов, которые оформляют бизнес – среду, собственно что разрешает быть поближе к покупателю, воспринимать и испытывать его необходимости и настроение.

Главная задача исследования конъюнктуры рынка – установить связь между работой предприятия и рынком, как гарантировать равновесие спроса и предложения. Конъюнктурное изучение включает в себя оценку рынка на текущий этап, мониторинг изменений характеристик рынка, предложения и работы фирмы в процессе изменения быта на рынке.

При помощи инструментов внешнего маркетинга достигается эффективный контакт компании со всеми рыночными структурами и субъектами рынка, государственными и социальными организациями, а ключевое – с неизменными и вероятными покупателями.

Подразделение маркетинговой деятельности на внешний и внутренний маркетинг позволяет более отчетливо и углубленно изучить ее особенности, обнаружить имеющиеся дефекты с целью их уничтожения, а значит, увеличить эффективность организации в целом.

Маркетинг позволяет более детально изучить и выявить недостатки и эффективно устранить их. Инструменты маркетинга позволяют наладить эффективный контакт с субъектами рынка, государственными организациями, потенциальными и постоянными клиентами.

Итогом изучения в маркетинге считается понимание работы конкурентов, структуры рынка, правительственных решениях в области регулирования и стимулирования рынка, финансовых направленных на изучение технических достижений и многих других факторов, которые составляют бизнес-среду, особенно что позволяет быть ближе к потребителю, понимать и чувствовать его потребности и настроение.

Будущее предложение минеральных ресурсов во всем мире зависит от интенсивности процессов глобализации, которая уже привела к появлению международных рынков минеральных ресурсов с ярко выраженными тенденциями к их объединению в форме монополизации наиболее полезных ликвидных полезных ископаемых. Процесс глобализации и стремление человечества к сбалансированному развитию диктуют необходимость создания и реализации национальных долгосрочных программ по минеральным ресурсам, которые определяют положение страны в будущем по обеспечению глобальными ресурсами.

Опыт экономически развитых стран – экспортеров минерального сырья показывает, что эффективное развитие горнодобывающей промышленности основано на инновациях. Кроме того, не следует забывать, что постепенное усложнение условий производства и переход на менее богатые источники сырья сами по себе требуют постоянного внедрения новых технологий. В то же время часто высказывается мнение, что добыча полезных ископаемых должна стать катализатором инновационного развития в ресурсозависимых экономиках, поскольку создает платежеспособный спрос на новые технологии и может обеспечить их дальнейшую передачу в другие отрасли. Однако справедливость этого суждения не очевидна, особенно для российской экономики. Сама по себе значительная протяженность отечественного минерально-сырьевого комплекса не может быть достаточной предпосылкой для активизации инновационных процессов.

Характер инновационных процессов, происходящих в минерально-сырьевом секторе и в нересурсных (обрабатывающих) отраслях, довольно сильно различается (табл. 1; составлена с использованием [3]). Как видно из таблицы, внедрению инноваций в минерально-сырьевой сфере препятствуют многие объективные причины. В этих условиях возможно повышение эффективности горнодобывающих компаний в рамках вертикальной интеграции за счет перераспределения доходов внутри цепочки создания стоимости.

Сравнительный анализ инновационных процессов в минерально-сырьевом секторе и нересурсных (обрабатывающих) отраслях экономики.

Как видно из таблицы, внедрению инноваций в минерально-сырьевой сфере препятствуют многие объективные причины. В этих условиях возможно повышение эффективности горнодобывающих компаний в рамках вертикальной интеграции за счет перераспределения доходов внутри цепочки создания стоимости. Во многих случаях сырье (руда или концентрат) продается на рынке по низким ценам, что не позволяет горнодобывающим компаниям получать значительную прибыль, в то время как производство продуктов переработки и сбыта имеет значительно более высокую рентабельность. Такое положение дел препятствует активному внедрению инноваций в процесс получения сырья. Таким образом, вертикальная интеграция производств, использующих большие объемы полезных ископаемых, не только гарантирует технологическое и организационное единство процессов производства и коммерциализации, но и создает возможность стабильного финансирования добычи сырья даже в условиях нестабильности мировых цен. При этом производители готовой продукции имеют надежный доступ к сырью в необходимых количествах.



Фактор	Особенности инновационного процесса	
	Минерально-сырьевой сектор	Нересурсные секторы экономики
Создание новых источников дохода	Создание новых источников дохода Создание новых производств строго ограничено объективными факторами (изучение видов минерального сырья и специфики их возникновения).	Ограничения гораздо более мягкие, спрос зачастую возникает под воздействием моды и других поведенческих факторов
Продолжительность жизни инноваций	Технологии используются в течение длительного времени, потребность в их постоянном обновлении относительно невысока	Технологии используются относительно недолго и нуждаются в регулярном обновлении, что стимулирует интенсификацию инновационных процессов
Степень комплементарности	Степень комплементарности невысокая, возможность межотраслевого трансфера технологий ограничена	Степень комплементарности высокая, трансфер инноваций в смежные отрасли, как правило, носит массовый характер
Соотношение издержек и доходов	Затраты на инновации, как правило, очень велики, рентабельность относительно невысока, внедрение инноваций часто сдерживается риском перепроизводства, что ведет к утере эффекта масштаба	Первоначальные издержки на внедрение инноваций обычно не очень велики, что значительно ускоряет и упрощает их внедрение

Действительно, создание замкнутого цикла «производство – трансформация – производство – продажа» повышает финансовую и экономическую устойчивость компаний, дает возможность мобилизовать ресурсы для инвестиций и направить их на развитие, техническое перевооружение и модернизацию производства на все без исключения этапы технологической цепочки. При этом внедрение инновационных решений в рамках вертикальной интеграции приводит к появлению мощных синергетических эффектов на всех этапах создания конечного продукта. Процесс межсекторальной интеграции между ресурсным и несырьевым секторами становится еще более эффективным, когда он выходит за национальные границы. При этом, с одной стороны, ресурсные и финансовые ограничения еще более смягчаются, а с другой – упрощается доступ к инновациям, в том числе в области разработки ресурсов.

Успешная трансформация горнодобывающих компаний требует нового взгляда на их будущее. Анализ ситуации показывает, что горнодобывающие компании часто неохотно сотрудничают в сфере инноваций. Конечно, такому сотрудничеству могут мешать правовые ограничения или структура горнодобывающих компаний, что создает предпосылки для разрозненных подходов к решению проблем развития. Однако проблемы, стоящие перед сектором сегодня, требуют гораздо более широкого внутриотраслевого и межотраслевого сотрудничества. Горнодобывающим компаниям необходимо расширять свои партнерские отношения как с производителями оригинального оборудования, так и с поставщиками инновационных услуг. Это требует от обеих сторон выхода за рамки традиционных отношений закупок и перехода к различным формам постоянного сотрудничества. Другими словами, речь идет о создании так называемого Экосистемы, в которых работают крупные, средние и мелкие горнодобывающие компании, производители оборудования, поставщики вспомогательных материалов, создатели инноваций, геологи, научные и образовательные учреждения, а также финансовые структуры, действующие в минерально-сырьевом комплексе, основаны на цифровых технологиях и стандартизированных процедурах. Посредством интеграции в форме экосистемы можно достичь существенно более сильного синергетического эффекта, который принесет пользу всем участникам и, в конечном итоге, обеспечит высокую конкурентоспособность и прибыльность отрасли.

Состояние минерально-сырьевого комплекса России в начале XXI века наглядно отражено в обращении ветеранов – членов правительства СССР к Президенту Российской Федерации В.В. Путину в марте 2004 года:

«Предметом нашего обращения к вам является ситуация, сложившаяся в минерально-сырьевом комплексе (МСК) в России, которая является определяющей на современном этапе его развития. Минерально-сырьевой комплекс России, созданный до начала 90-х годов и имеющий более высокую устойчивость к выживанию в условиях реформирования по сравнению с другими отраслями экономики, находится в критическом состоянии. Тем не менее, он продолжает иметь фундаментальное значение для национальной экономики, удерживая ее от еще более глубокого кризиса. Положение в МСК. Минерально-сырьевой комплекс страны занимает видное место в экономике. Около 40 % активов промышленных компаний и 13 % балансовой стоимости основных фондов в экономике России сосредоточено в сфере недропользования.»

Рассмотрим перспективы развития минерально-сырьевой базы на примере развитых горнодобывающих регионах.



Кольский регион – один из самых развитых горнодобывающих регионов России. Здесь, на территории менее одного процента территории страны, сосредоточены важные и эффективные источники важнейших видов минерального сырья федерального и регионального значения. В области создан мощный горнорудный комплекс, обеспечивающий большую часть потребностей страны: в фосфате (95 %), флогопите и вермикулите (80–90 %), бадделеите (100 %), нефелине и сырье. Керамике (По 35 %), железо (10 %), никель, медь, кобальт, ниобий, тантал, редкоземельные металлы.

Фонд недр по степени изученности, развития и распространения в регионе представлен:

1. Разрабатываемый (распределенный фонд) и запасы (частично распределенный фонд) традиционных видов минерального сырья для региона в непосредственной близости от горнообогатительных производств.

2. Потенциальные месторождения, не привязанные к действующим горнодобывающим и перерабатывающим предприятиям и в основном расположенные за пределами экономически развитых регионов (в основном нераспределенные средства).

3. Перспективные рудопоявления (и зоны) нетрадиционных видов минерального сырья для региона (средства распределены в разной степени).

Эксплуатируемые и резервные месторождения.

1.1. Железные руды. Базовое сырье для железных руд представлено одиннадцатью месторождениями, из которых 85 % балансовых запасов области сосредоточено в пяти рудниках (2 % запасов России). Кроме того, в балансе присутствует титаномагнетит апатит-нефелинового рудного комплекса Хибинской группы (2 % запасов), который еще не извлечен. Разработка ведется двумя ГОКами на пяти карьерах. ОАО «Олкон» разрабатывает месторождения Заимандровского рудного района. За весь период разработки открытым способом добыто 450 млн тонн руды. Обеспеченность действующих карьеров запасами составляет 10–16 лет, с полным выведением мощностей к 2010–2013 гг. В последующие годы произойдет переход на подземную разработку.

ОАО «Ковдорский ГОК» открытым способом разрабатывает Ковдорское железорудное месторождение, расположенное практически на окраине города. Наличие запасов карьера продуктивностью 16 млн т – 25 лет; Запасная ресурсная база – подземные горизонты с запасами 150 млн тонн.

1.2. Никель, медь. По запасам и добыче медно-никелевых сульфидных полезных ископаемых Мурманская область занимает второе место в России. Всего зарегистрировано 10 месторождений с балансовыми запасами, все они расположены в Печенгском районе, три из них разрабатываются подземным способом и одно – открытым способом. Есть 3 депозита с забалансовыми резервами. База подготовленного сырья гарантирует развитие ОАО «ГМК «Печенганикель» на протяжении 25 лет [4].

Конечный продукт системы – мат – отправляется на переработку на комбинат «Североникель». Никель, медь и кобальт в сырье пользуются неограниченным спросом на внутреннем и международном рынках. Концентраты драгоценных металлов (золото, серебро, платиноиды) перерабатываются на заводах за пределами региона.

ОАО «Комбинат Североникель» не имеет собственной сырьевой базы, за исключением небольших запасов бедных забалансовых полезных ископаемых. Есть перспективы выявления промышленно значимых запасов медно-платиновых и медно-никелевых руд в непосредственной близости от завода.

1.3. Редкие металлы. В Мурманской области выявлены значительные запасы и ресурсы редких металлов, сосредоточенных в лопарите (Ta, Nb, Sr, REE) и эвдиалите (Zr, Y) из Ловозерского массива, в сподумене (Li), колумбите и берилле из тундра Ворони, в пирохлориде (Nb, Ta) карбонатитовых массивов Вуориярви, Себлявр и Салланлатва, в бадделеите Ковдорского месторождения железа.

Ловозерское месторождение (ОАО «Севредмет») включает 12 рудных участков, три из которых разрабатываются (76 % запасов), а оставшаяся часть (24 %) зарезервирована. Действующие подземные рудники обеспечены запасами на 55–100 лет и более. В лопарите содержание оксидов металлов превышает 80–85 % (Ta_2O_5 0,6; Nb_2O_5 7-8; SrO 0,7; TiO_2 40; PЗЭ 36).

Лопаритовый концентрат перерабатывается на Соликамском магниевом заводе по хлорной технологии на солях Ta, Nb и PЗЭ. Тесная зависимость ОАО «Севредмет» от единого предприятия-потребителя обуславливает необходимость создания собственного металлургического производства по выпуску тантала и ниобия (металлического и порошкового), изделий из отдельных PЗЭ и титана.

В настоящее время в сырьевой отрасли народного хозяйства специфика промышленного маркетинга не изучена и не разработана. В отличие от маркетинговой деятельности промышленных предприятий, которые объединяют производство и продажу товаров, маркетинг в горно-сырьевом комплексе также включает в себя выполнение работ по идентификации, подготовке и оценке минерального сырья. Минеральное сырье как природный ресурс характеризуется невозобновляемостью и ограниченностью в естественных условиях; в некоторых случаях незаменим (отсутствие аналогов); вариативность потребительских свойств (увеличение или уменьшение содержания полезного компонента), различие потребительских свойств конечного продукта на промышленном и потребительском рынках.



Маркетинговые исследования в области минерального сырья и его переработки отличаются важными методологическими особенностями. В основном это связано с большим разнообразием минерального сырья, технологическими различиями в производстве всех видов работ, различиями в конечном продукте, используемом для удовлетворения широкого круга потребностей.

Специфика горнодобывающей отрасли, на наш взгляд, заключается в следующем:

1. База минеральных ресурсов считается базой добывающей промышленности.
2. Технологические характеристики при производстве горно-подготовительных и горных работ.
3. Разнообразие технологий обогащения в компании.
4. Ассортимент продукции.
5. Различия в потребительских свойствах и характере спроса на промышленном и потребительском рынках.
6. Значительный объем экспортных поставок.

Для целей маркетинговых исследований на рынке добычи полезных ископаемых более важным является учет специфики сектора, который характеризуется следующим:

1. С экономической точки зрения минерально-сырьевая база рассматривается как основа добывающей промышленности и как один из элементов национального богатства и развития производительных сил общества. Для нее характерны:

- 1) очень неравномерное распределение основных минеральных ресурсов как в мире, так и по стране; в то же время решающее значение для формирования территориальных производственных комплексов имеют высокие концентрации разведанных запасов полезных ископаемых;
- 2) невозобновляемый характер конкретных месторождений и возможность их пополнения только путем поиска и освоения новых объектов;
- 3) длительность и повышенная капиталоемкость, капиталоемкость и трудоемкость расширенного цикла воспроизводства;
- 4) ограниченное количество относительно выгодных вкладов.

2. Технологические характеристики производства добычных, подготовительных и горных работ оказывают существенное влияние на затраты, а, следовательно, на себестоимость и цену базовой продукции. Месторождения разрабатываются открытым или подземным рудником, соответственно, существуют различия в проведении горных работ и горных работ, а также в расходах, связанных с разным временем, различиями в используемом оборудовании и расходных материалах для буровзрывных работ.

Для получения товарной продукции из минерального сырья его извлечение во много раз превышает вес конечного продукта. Итак, для получения 1 тонны меди необходимо разведать, добыть и переработать около 100 тонн медной руды, 1 тонна товарной слюды – 150 тонн сырья, 1 тонна никеля – 200 тонн руды, 1 тонна олово – 300 тонн, 1 тонна асбеста – 70 тонн горной массы, 1 тонна тантала – 8 тысяч тонн танталовой руды, 1 тонна циркония – 500 тонн руды.

Проекты строительства и добычи могут предусматривать совместную разработку месторождений с последовательным или параллельным использованием открытых и подземных горных работ. Так разрабатываются месторождения в ОАО «Апатит», за исключением Нёркпахк и Коашва, которые разрабатываются открытым способом.

3. Разнообразие технологий обогащения и переработки сырья на предприятии. На Ковдорском ГОКе производятся концентраты железной руды, апатита и бадделеита. Производство железорудного концентрата осуществляется на обогатительной фабрике магнетита (МФ). Полученный железорудный концентрат по металлургической ценности (содержание железа, титана, алюминия, цинка, фосфора) и экологической чистоте (содержание серы) не соответствует требованиям рынка.

Заключение. Интенсификация инновационных процессов в недрах сектор, наблюдаемый в последние годы, на самом деле является попыткой избавиться от товарной зависимости. Страны-покупатели хотят внедрять инновации, чтобы диверсифицировать доступ к источникам сырья, в то время как страны, продающие ресурсы, намерены внедрять инновации для развития обрабатывающих производств с добавленной стоимостью. Оба типа стран могут достичь этих целей только в рамках международного экономического и научно-технического сотрудничества. При этом расширять масштабы и формы сотрудничества необходимо не только странам, но и самим горнодобывающим компаниям, которые сталкиваются с такими сложными проблемами, как постоянное снижение качества и увеличение недоступности новых месторождений, рост в фиксированных затратах, более затрудненном доступе к финансовым ресурсам и усилении экологических ограничений. Отрасль должна постепенно осознать, что горнодобывающие компании больше не могут работать изолированно от других участников рынка. Чтобы добиться устойчивых изменений к лучшему, необходимо отраслевые компании и компании из смежных развивающихся секторов внедрять и вводить новшества; снизить риски проекта за счет привлечения новых инвесторов; формирование промышленных экосистем с большим количеством участников для достижения масштабных синергетических эффектов; более тесно сотрудничать с национальными и региональными властями.

**Литература:**

1. Алексунина В.А. Маркетинг в отраслях и сферах деятельности // Учебник под ред. Проф. В.А. Алексунина – 2-е изд. Перераб. и доп. – М. : Издательство- торговая корпорация «Дашков и К», 2003. – 614 с.
2. Березин И.С. Маркетинг и исследования рынков. – М. : Русская Деловая Литература, 2003. – 416 с.
3. Пичурин И.И., Обухов О.В., Эриашвили Н.Д. Основы маркетинга // Теория и практика [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Коммерция (торговое дело)», «Маркетинг». – Электрон. текстовые данные. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 383 с.
4. Синяева И.М., Земляк С.В., Синяев В.В. Маркетинг в коммерции: Учебник ; под ред. Л.П. Дашкова. – 3-е изд. – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2011. – 548 с. – ISBN 978-5-394-01242-6.
5. Нестеров П.М., Нестеров А.П. Экономика природопользования и рынок. – М., 2017.

References:

1. Aleksunina V.A. Marketing in branches and spheres of activity // Textbook under the editorship of Prof. V.A. Aleksunina – 2nd ed. Revised and supplementary. – M. : Publishing and trading corporation Dashkov and K, 2003. – 614 p.
2. Berezin I.S. Marketing and market research. – M. : Russian Business Literature, 2003. – 416 p.
3. Pichurin I.I., Obukhov O.V., Eriashvili N.D. Fundamentals of marketing // Theory and practice [Electronic resource]: textbook for university students studying in «Commerce (trade business)», «Marketing». – Electronic text data. – M. : UNITY-DANA, 2012. – 383 p.
4. Sinyayeva I.M., Zemlyak S.V., Sinyayev V.V. Marketing in commerce: textbook ; ed. by L.P. Dashkov. – 3rd edition. – M. : Publishing and Trading Corporation Dashkov and K, 2011. – 548 p. – ISBN 978-5-394-01242-6.
5. Nesterov P.M., Nesterov A.P. Economics of nature management and the market. – M., 2017.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

БУЛАТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

**Материалы V Международной
научно-практической конференции
(31 марта 2021 г.)**

ISSN 2587-8913

В 2 ТОМАХ

ТОМ 2

Сборник статей

Статьи публикуются в авторской редакции

Технический редактор – А.С. Семенов
Оригинал-макет – М.Н. Гусева
Дизайн обложки – М.Б. Жаренко

Сдано в набор 01.04.2021
Подписано в печать 05.04.2021.
Формат 60 x 84^{1/8}. Бумага офсетная. Печать riso.
Печ. л. 20,1
Изд. № 1174. Тираж 500 экз. Заказ № 2261

ООО «Издательский Дом – Юг»
Россия, 350072, г. Краснодар,
ул. Зиповская, 9, литер «Г», оф. 41/3

Тел.: +7(918) 41-50-571
e-mail: id.yug2016@gmail.com
Сайт: www.id-yug.com