

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»**

**16+
ISSN 2218-5194**

**ИЗВЕСТИЯ
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Выпуск 2

**Тула
Издательство ТулГУ
2019**

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

ISSN 2218-5194

Председатель

Грязев М.В., д-р техн. наук, ректор Тульского государственного университета.

Заместитель председателя

Воротилин М.С., д-р техн. наук, проректор по научной работе.

Ответственный секретарь

Фомичева О.А., канд. техн. наук, начальник Управления научно-исследовательских работ.

Главный редактор

Прейс В.В., д-р техн. наук, заведующий кафедрой.

Члены редакционного совета:

Батанина И.А., д-р полит. наук, –

отв. редактор серии «Гуманитарные науки»;

Берестнев М.А., канд. юрид. наук, –

отв. редактор серии «Экономические и юридические науки». Разд. «Юридические науки»;

Борискин О.И., д-р техн. наук, –

отв. редактор серии «Технические науки»;

Егоров В.Н., канд. пед. наук, – отв. редактор серии «Физическая культура. Спорт»;

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Ответственный редактор

Качурин Н.М., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

заместитель ответственного редактора

Сарычев В.И., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

Члены редакционной коллегии:

Гендлер С.Г., д-р техн. наук (Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург);

Голик В.И., д-р техн. наук (Геофизический институт Владикавказского научного центра, г. Владикавказ);

Ефимов В.И., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

Жабин А.Б., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

Захаров В.Н., член-корр. РАН д-р техн. наук, проф., директор (Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва);

Кавала Р., д-р техн. наук (Фрайбергская горная академия, директор института материаловедения и изготовления материалов, Германия, г. Фрайберг);

Казанин О.И., д-р техн. наук (Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург);

Кантович Л.И., д-р техн. наук (Национальный исследовательский технологический университет (МИСиС), г. Москва);

Капунов Д.Р., член-корр. РАН д-р техн. наук, проф., главный научный сотрудник (Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва);

Карначев И.П., д-р техн. наук (филиал Северо-Западного научного центра гигиены

и общественного здоровья ФС по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека», Мурманская область, г. Кировск);

Заславская О.В., д-р пед. наук, проф., –

отв. редактор серии «Педагогика»;

Качурин Н.М., д-р техн. наук, проф., –

отв. редактор серии «Науки о Земле»;

Понаморева О.Н., д-р хим. наук, доц., –

отв. редактор серии «Естественные науки»;

Сабина А.Л., д-р экон. наук, доц., – отв. редактор серии «Экономические и юридические науки».

Разд. «Экономические науки».

ответственный секретарь

Стась Г.В., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

Клишин В.И., член-корр. РАН, д-р техн. наук, проф., директор (Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово);

Комащенко В.И., д-р техн. наук (Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва);

Коришунов Г.И., д-р техн. наук (Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург);

Мельник В.В., д-р техн. наук (Национальный исследовательский технологический университет (МИСиС), г. Москва);

Мерзляков В.Г., д-р техн. наук (Московский политехнический университет, г. Москва);

Моркун В.С., д-р техн. наук (Криворожский национальный университет, Украина, г. Кривой Рог);

Протосеня А.Г., д-р техн. наук (Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург);

Рыльникова М.В., д-р техн. наук, проф., главный научный сотрудник (Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва)

Сборник зарегистрирован в Управлении Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций по Тульской области (Управление Роскомнадзора по Тульской области). ПИ № ТУ71-00341 от 25 ноября 2013 г.

Подписной индекс сборника 41408 по Объединённому каталогу «Пресса России».

Сборник включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук», утвержденный ВАК Минобрнауки РФ, по следующим специальностям: 25.00.00 Науки о Земле, 05.06.00 Безопасность деятельности человека.

Сборник зарегистрирован в системе "Web of Science".

© Авторы научных статей, 2019

© Издательство ТулГУ, 2019

УДК: 519.878:661.992:553:69.054.2:001.9:004.387

К ВОПРОСУ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ГАЗОДОБЫЧИ

А.Н. Дмитриевский, Н.А. Еремин, В.Е. Столяров

Посвящена вопросам цифровизации процессов газодобычи, оптимизации эксплуатационных затрат и повышению рентабельности разрабатываемых месторождений газа. Основой подхода является комплексирование апробированных на объектах газодобычи решений и создание интегрированного технологического комплекса, которые обеспечивают динамическую оптимизацию, и повышение качества управления газодобычей в режиме реального времени. Применение цифровых технологий обеспечивает возможность удаленного управления объектами газового производства. Приведенные решения особенно эффективны в регионах со сложными природно-климатическими условиями или неразвитой инфраструктурой, шельфовых и морских месторождениях. Цифровые технологии газодобычи позволяют обеспечить продление сроков рентабельной эксплуатации газовых месторождений на стадии падающей добычи. В 2018 году инновационные технологии будут активно внедряться в цифровое газовое производство. Новые волны технологической модернизации цифровой газовой отрасли становятся все более многочисленными и разнообразными чем когда-либо. Среди инновационных технологий можно выделить квантовизацию сбора и передачи больших объемов геопромысловой информации по защищенным оптоволоконным каналам, цифровой нефтегазовый университет, методы искусственного интеллекта, пет-ророботику, предиктивную аналитику, нефтегазовый беспроводной и спутниковый интернет вещей. Эти новые технологии прошли стадию опытной апробации и достаточно зрелые, чтобы обеспечить возможности для повышения эффективности цифрового газового дела.

Ключевые слова: цифровой газовый комплекс, цифровая газовая экономика, цифровая экономика, цифровизация, интеллектуализация, роботизация, цифровые скважины и месторождения, интеллектуализация добычи и разработки.

Основной целью применения цифровых технологий газодобычи является увеличение коэффициента извлечения газа на 5...7 %, в том числе сеноманского.

В настоящее время в мире отмечается стремительное развитие цифровых технологий газодобычи, в том числе в России. Главный редактор журнала «Нефть России» Валерий Валентинович Андрианов на своей редакционной странице Nota Bene отметил следующее [1]: «Наши авторы из Института проблем нефти и газа РАН в статье «Путём цифровизации и квантовизации» [2] напоминают о том, что сегодня ведущие страны мира переходят к новому экономическому и технологическому укладу, основанному на цифровых технологиях. Для этого на государственном уровне принимаются соответствующие программы. И Россия также идёт по этому пути. Уже разработаны и проходят испытания передовые технологии, основанные на принципах цифровизации. И это позволяет надеяться на то, что РФ сможет обеспечить свой технологический суверенитет даже в

условиях самых жёстких санкций». В ПАО «Газпром» элементы цифровой газодобычи используются на более чем 150 месторождений [3]. Российские нефтегазовые компании планируют внедрить к 2021 году элементы цифровых технологий на более чем 250 нефтегазовых месторождениях. Наличие дешевых энергоресурсов определяет возможность применения самой современной промышленной базы с элементами цифровизации, интеллектуализации, оптикализации и роботизации. Научные основы применения методов искусственного интеллекта в нефтегазовом деле впервые были освящены в работе [4]. Цифровизация газового производства имеет рост капитализации газовых компаний на фондовых рынка России и за рубежом за счет максимально эффективного использования созданных производственных активов и выработки остаточного сухого, в первую очередь, сеноманского газа на гигантских месторождениях [5-20]. Оптикализация процессов сбора, передачи больших объемов геопромысловой и контрольной информации на цифровых месторождениях набирает обороты, особенно при разработке морских месторождений [2, 21, 22]. Одним из элементов цифровой модернизации газовой отрасли является петророботика. Петророботика в бурении стремительно развивается. На семинаре «Организация и проведение подводно-технических работ на морских объектах добычи и транспорта ПАО «Газпром»», состоявшемся 29 ноября 2017 г., был представлен доклад С. С. Камаевой и Н. А. Ерёмкина «Технология диагностики морских трубопроводов на больших глубинах – опыт применения». В докладе были кратко изложены результаты диагностирования морских трубопроводов на глубинах моря до 1000 м, а также освещены перспективы создания комплекса совместно с одной из ведущих нефтегазовых компаний для работы на трубопроводах с глубиной моря свыше 3000 м. Наиболее интересными техническими решениями в области буророботики, как части петророботики, являются система бурения без буровой установки Баджер эксплолер и роботизированный буровой комплекс. Автономные роботизированные буровые системы особенно востребованы в морском бурении. В начале октября 2017 года был успешно завершён первый коммерческий проект по проведению диагностики газопровода компании ОАО «Алроса-газ» на водных переходах через реки Вилюй, Большая Бутобия и другие реки, общей длиной около 2 км с применением мультикоптера. В создании данной технологии принимали участие научные центры магнитной томографии ИПНГ РАН, научный руководитель С. С. Камаева, и мониторинга и геофизических исследований с применением БПЛА ИПНГ РАН, научный руководитель А. Д. Черников [2, 23-25]. Гуманитарные аспекты взаимодействия ноосферы и нарождающейся нефтегазовой ботосферы и петророботики раскрыты в статье [26]. Квантовизация сбора и передачи больших геолого-промысловых данных – это регистрация и трансмиссия промысловой геоинформации, закодированной в квантовых состояниях (КС) в виде фотонов по оптоволокну или по от-

крытому пространству. Фотоны – кванты электромагнитного излучения распространяются со скоростью света и позволяют кодировать информацию в частотных, фазовых, амплитудных, поляризационных и временных переменных. В области использования квантовых нефтегазовых технологий Россия существенно вырвалась вперед по сравнению с другими нефтегазодобывающими странами. На прошедшей в Москве, в Торгово-промышленной палате РФ, 20–21 февраля 2018 г. III Международной конференции «Арктика: шельфовые проекты и устойчивое развитие регионов» («Арктика-2018») компания «Масштаб» представила промышленную технологию защищённой оптоволоконной системы связи с удалёнными морскими платформами. Она разработана на основе технологии квантовой криптографии и использует существующую телекоммуникационную инфраструктуру [2, 25]. В мировой нефтегазовой промышленности к нефтегазовому интернету вещей PloT (Petroleum Internet of Things) подключено от 0,5 до 0,7 млрд устройств, из них в России от 0,04 до 0,05 млрд устройств, в том числе в сегменте апстрим от 0,10 до 0,15 млн устройств. Объем цифровой промысловой и скважинной телеметрии возрастает ежегодно на 60 %. Проблема сбора, хранения, обработки и интерпретации, больших геопромысловых данных для российских нефтегазовых компаний становится одной из главных задач цифровизации производства нефти и газа [27, 28].

Упрощенная архитектура цифрового месторождения включает в себя систему контроля газовых операций в режиме реального времени; интегрированную модель газового производства; центр интегрированного управления производством; оптоволоконную систему сбора и передачи больших объемов геолого-промысловой операции; банк больших геопромысловых данных. Основой управления цифровыми объектами газодобычи является широкое применение информационных технологий, риск-ориентированных алгоритмов и процессов при минимальном участии человека в производстве. Цифровая газовая экономика становится значимым и эффективным элементом инновационного развития и обязательной составляющей повышения конкурентоспособности производственно-экономического сектора промышленности, в том числе и газовой отрасли. В рамках цифровизации газового производства предусмотрено развитие ИТ-обеспечения основных бизнес-процессов управления газового бизнеса; внедрение интегрированного моделирования; создание цифровых моделей производственных объектов, таких как, «цифровых двойников» для газовых месторождений и подземных хранилищ газа. Реализация этих планов позволит сформировать актуальное представление о производственно-технологическом комплексе как группе технологически сопряженных производственных объектов, адекватно оценить производственный потенциал, выявить «узкие места» технологической инфраструктуры.

Объекты газодобычи характеризуются типовым составом технологических объектов, основными из которых являются (рис. 1): отдельные скважины или кусты газовых, газоконденсатных скважин; промысловая газосборная сеть; сеть межпромыслового коллектора; УППГ (установка предварительной подготовки газа) промысла; УКПГ (установка комплексной подготовки газа) промысла; ДКС (дожимная компрессорная станция) месторождения; объекты энерго-теплоснабжения.

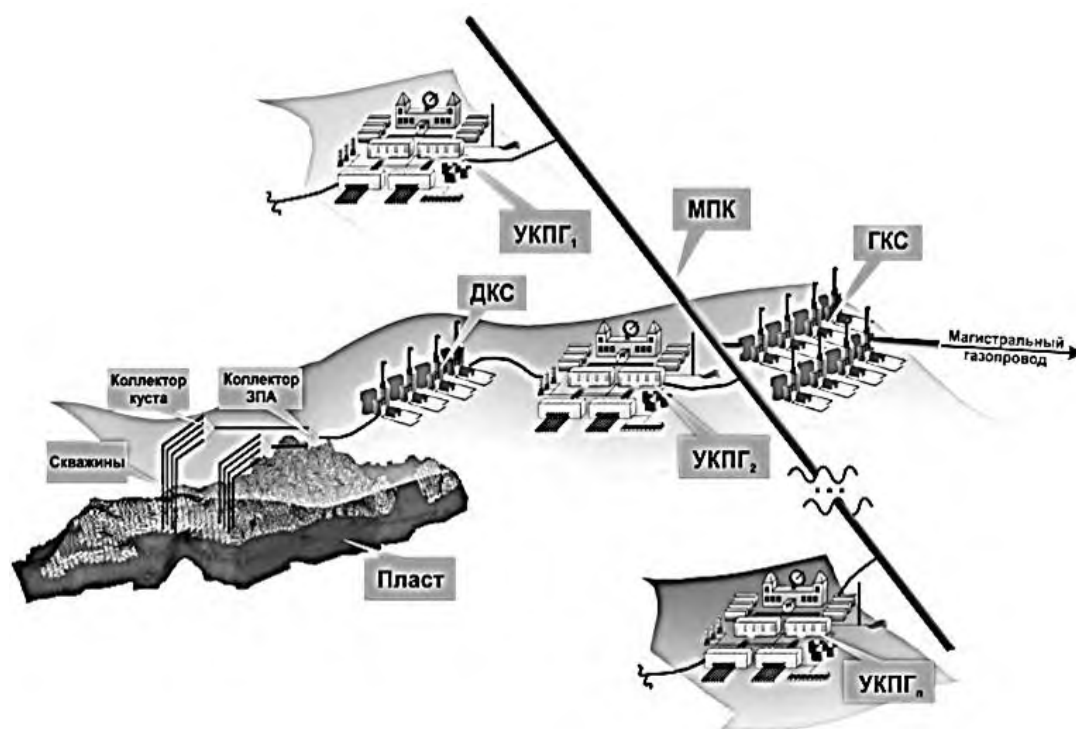


Рис. 1. Основные объекты газодобычи

Особенностью развития газовой отрасли является геологическая концентрация разведанных запасов в уникальных и крупных месторождениях, что и определило «очаговое» освоение ресурсов Медвежьего (1972), Уренгойского (1977), Вынгапуровского (1979), Ямбургского (1986) месторождений. Задачи цифровизации газового производства требуют существенного изменения имеющихся практик, обязательного применения ранее апробированных на объектах программно-технических средств и систем АСУ ТП, эффективных алгоритмов управления. Применение современных цифровых технологий нацелено на восстановление добычи на старых месторождениях; сохранение потенциала газодобычи на длительную перспективу; полноценное функционирование развитой промышленной инфраструктуры в традиционных районах газодобычи. Крупные и гигантские месторождения севера Западной Сибири вступили в стадию падающей добычи. Эксплуатируемые газовые месторождения, находящиеся на стадии падающей добычи, обеспечивают более 60 % текущей годо-

вой добычи газа. При этом на высоко обводнённые скважины, с коэффициентом обводненности более 70 %, приходится более половины от всего объема газодобычи. Для этой стадии характерно: изменение структуры ресурсной базы, связанной с истощением запасов сухого газа; значительное снижение пластового давления; ухудшение продуктивных характеристик коллекторов; подъем газо-водяного контакта; внедрение в залежь краевых вод; рост числа самозадавливающихся скважин в силу накопления жидкости в стволе скважины при дебитах газа меньше базовых; интенсификация водопроявлений при работе газовых скважин; старение и физический износ инфраструктуры, производственных фондов оборудования и газосборных сетей; разрушение призабойной зоны продуктивного пласта, с выносом песка и образованием протяженных песчаных пробок на забоях скважин, скопление песка в технологических трубопроводах и аппаратах; абразивное разрушение скважинного оборудования, запорной арматуры на устье скважины и установках сбора и подготовки газа; эксплуатация скважин с пониженными рабочими дебитами газа из-за скоплений воды и песка; замерзание жидкости в наземных трубопроводах обвязки кустов скважин и шлейфов; снижение эффективности проведения буровых и ремонтных работ в условиях АНПД и другие осложняющие эксплуатацию факторы.

В рамках концепции эффективного использования углеводородных ресурсов разработаны комплексные подходы к созданию основ реализации «цифрового» месторождения на основе широкого применения информационно-коммуникационных решений. До середины 60-х годов автоматические устройства на российских газовых месторождениях практически не применялись, так как в Министерстве газовой промышленности действовал нормативный документ, согласно которому скважина не подлежала автоматизации, а управление режимами обеспечивалось индивидуальным подбором и заменой штуцеров (шайб) постоянного сечения для изменения давления на шлейфах. В декабре 1997 году решением ОАО «Газпром» были приняты «Основные положения по автоматизации, телемеханизации и созданию информационно-управляющих систем предприятий и подземного хранения газа». Отношение к автоматизации коренным образом изменилось и скважины (кусты скважин) были включены в перечень объектов, подлежащих автоматизации, а в список измеряемых параметров были включены измерения устьевого давления, температуры и расхода газа, расхода жидкости, обнаружения в составе сырья механических примесей и глинопесчаной смеси. В дальнейшем было автоматизировано различными системами телеметрии и телеуправления более половины от имеющегося скважинного фонда газодобывающих и эксплуатационных скважин и эти работы продолжаются с учетом новых технических решений. В основном применяются три основных класса систем: энергозависимые, энергонезависимые решения и локальные станции управления.

Примером удачного построения интегрированной проектно-компонуемой системы с применением адаптивного энергонезависимого беспроводного оборудования является Куцевская ПХГ ООО «Газпром ПХГ» (Россия) с общей площадью разбуренных ранее скважин порядка 60 кв. км. Для регистрации физических параметров оснащены [32] энергонезависимыми датчиками каждая из 90 эксплуатационных скважин: по четыре измерительных сенсорных модуля давления (СМД), измеряющих буферное, межколонное, за трубное давление и давление газа на выходе скважины, а также по сенсорному модулю измерения (СМТ), измеряющему температуру газа на выходе скважины. В состав полевой части системы входят сенсорные модули измерения температуры (погружной или накладной) в зависимости от конструкции и возможности установки, модули измерения давления, модули дискретных сигналов (положение арматуры и безопасность), а также для регистрации выноса песка - акустоэмиссионные датчики для регистрации выноса твёрдых фракций. Функции приёма и передачи данных обеспечивают модули сбора и связи (МСиС). В состав входят также базовая станция, контроллер системы, средства накопления и обработки и визуализации данных и средства передачи данных на диспетчерский пункт. Визуализация возможна как непосредственно на объекте, так и на диспетчерском пункте. Комплекс имеет базовый и дополнительный состав оборудования в зависимости от решаемых задач, необходимости обеспечения сроков автономной работы на объекте (см. рис. 2).

Энергонезависимые системы телеметрии с недавних пор стали широко использоваться для автоматизации различных газовых объектов:

- АСОИ «Скважина» производства ЗАО «Объединение БИНАР» (Российская Федерация, Нижегородская область, г. Саров);
- РТП-04 производства ООО НПЦ «Знание» (Российская Федерация, г. Сергиев Посад, Московской области;
- Системы «ГиперФлоу - АССД» производства ООО «НПФ «Вымпел» (Российская Федерация, г. Саратов);
- Беспроводные контрольно-измерительные приборы OneWireless фирмы «Honeywell International» (США, штат Нью Джерси, г. Морристаун);
- Беспроводные контрольно-измерительные приборы фирмы «Yokogawa Electric Corporation» (Япония, г. Токио);
- Беспроводные контрольно-измерительные приборы SmartWireless фирмы «Emerson Process Management» (США, штат Миссури, г. Сент-Луис).

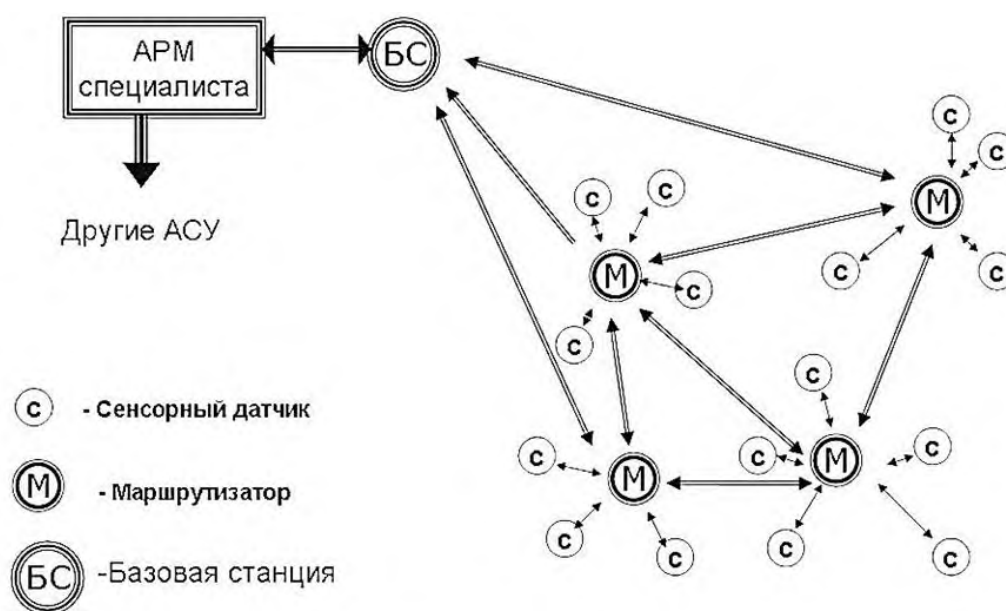


Рис. 2. Структурная схема телеметрии распределенного объекта управления, где С- Скважина с комплектом телеметрического оборудования; 1 - мобильный центр мониторинга; 2 - передвижной регистрирующий комплект; 3 - блок автоматики; 4 - стационарный центр мониторинга

Сравнение затрат по обустройству с применением энергонезависимых решений и стандартными подходами показывает возможность обеспечить экономию порядка 60 % от объема первоначальных капитальных вложений и сокращения сроков проведения работ [3]. Это достигается за счет экономии затрат на проведение изыскательских работ, разрешений на землеотводы, проектных, строительно-монтажных работ в связи с отсутствием работ по коммуникациям и энергоснабжению, эксплуатационных и транспортных издержек, обеспечить незначительные планово-предупредительные работы. Опыт применения аналогичных систем на Ямбургском и Уренгойском месторождениях подтвердил, что в технологическом комплексе «пласт-скважина-ГСС-УКПГ» применение беспроводных технологий обеспечивает возможность организации ситуационного управления фондом скважин. На высокодебитных кустах газовых скважин (КГС) применяются расширенный состав функций контроля, управления и данных. Часть функций управления кустов скважин связана с энергозатратами на обогрев оборудования, управление фонтанной и силовой арматурой, обеспечение электро-химической защиты [3, 29-32].

Условиями обеспечения оптимальной и эффективной эксплуатации цифровых месторождений, являются:

- адекватность информационной модели интегрированного месторождения (в части надземной и подземной технологии), модели процесса добычи нефтегазовой продукции (геологической модели), возможность

оперативной корректировки;

- наличие программно-технических средств, комплексных алгоритмов управления (аппарат управления), квалифицированных специалистов и научно-технического сопровождения для технологического комплекса добычи;
- наличие интерфейсов и обратных связей интегрированного комплекса, критериев эффективности бизнес-процесса добычи и транспортировки сырья, оптимальности процессов управления.

В ООО «Газпром добыча Ноябрьск» внедрена и развивается информационно-управляющая система распределенного управления группой малогабаритных компрессорных установок Вынгапуровского газового промысла, прошла опытно-промышленную апробацию энергонезависимая система газодинамических исследований пластов Комсомольского газового предприятия. Создан и успешно эксплуатируется моделирующий центр Предприятия, в базе данных которого постоянно функционирует и обновляется около 10 000 параметров, формируется более 240 автоматизированных отчетов и 1300 диспетчерских форм. Возможность анализа эффективности воздействия на промысел организуется с учетом проектной разработки и актуальной геолого-геофизической модели месторождения на основании газоконденсатных характеристик. На газовых месторождениях и подземных хранилищах газа применяется порядка 24 разновидностей телеметрического и телемеханического оборудования различных производителей [3, 29-32]. Различные элементы цифровых газовых технологий апробированы в 2011-2018 годах на Ямбургском, Муравленковском, Астраханском, Бованенковском, Заполярном месторождениях. Созданы системы управления стабилизацией расхода газа для УКПГ Заполярного месторождения; управления производительностью Уренгойского и Ямбургского месторождения, а также реализовано управление группой газоперекачивающих агрегатов на Бованенковском месторождении. Введены в эксплуатацию различные энергонезависимые системы телеметрии и телемеханики, электрохимической защиты Уренгойского и Ямбургского месторождений. Базовым трендом для цифровых технологий является повторяющийся коррекционный цикл управления: Измерение – Коррекция – Контроль – Прогноз – Воздействие-Контроль (рис. 3).

В ПАО «Газпром» эффективно функционирует многоуровневая система управления месторождениями и в рамках работы централизованной структуры дистанционно обеспечивается контроль и управления режимами всего информационно - коммутационного технологического комплекса: ЦПДС ПАО «Газпром» (Общество) - ПДС «Газпром добыча регион» (базовое предприятие) - Газопромысловое управление (опорная база базового предприятия) - Газовый промысел (месторождение) - КГС (газовые скважины или удаленные технологические объекты месторождения) [3, 29-32].

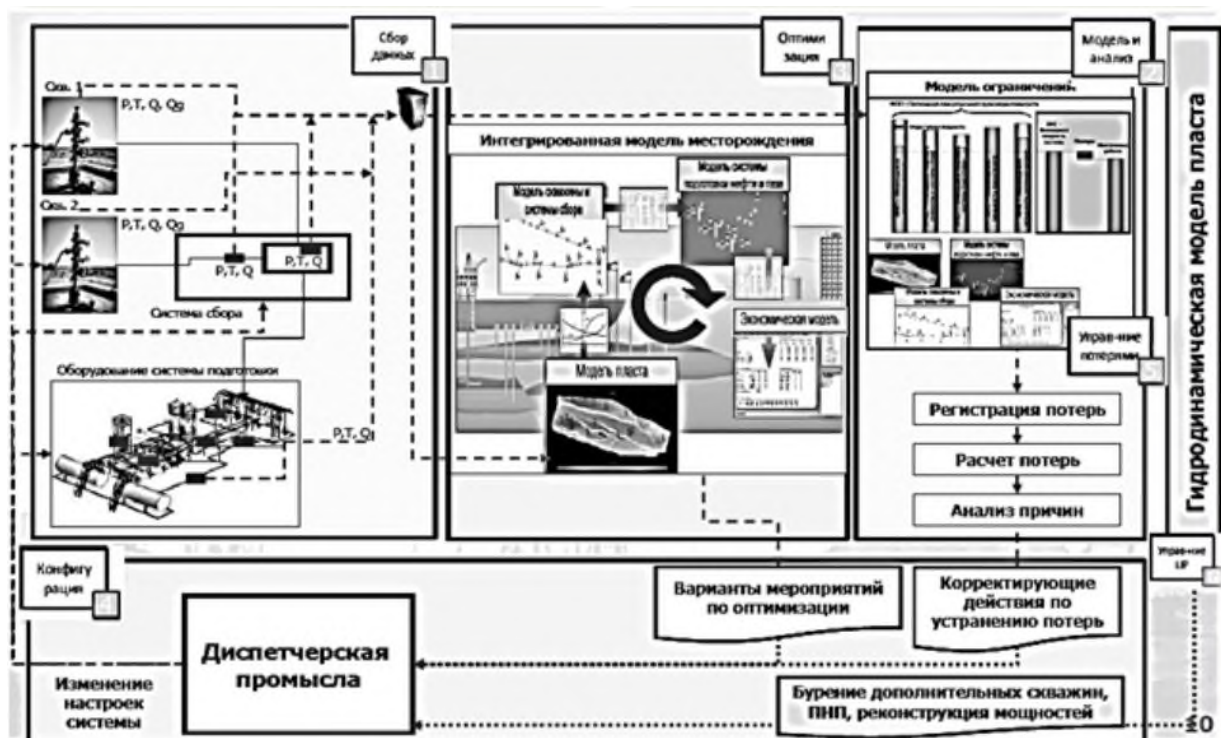


Рис. 3. Алгоритм управления цифровым месторождением

Примером эффективного управления сложным технологическим комплексом является Бованенковское НГКМ ООО «Газпром добыча Надым». Единый центр управления газовым промыслом позволяет обеспечить добычу газа на уровне 120 млрд м³ в год для нескольких дожимных компрессорных станций (ДКС) и промыслов с десятками ГПА и сотнями скважин различной производительности, обеспечивая автоматизированный режим управления и регулирования. Приоритетными направлениями являются задачи существенного сокращения временных затрат от момента постановки задачи до ее реализации, обеспечение оптимального использования финансовых и иных ресурсов, ускоренное внедрение и тиражирование положительных результатов или лучших практик. В настоящее время имеется значительная база действующих нормативно-технических документов, стандартов в области применения «малолюдных технологий», «цифровых» технологий для всех стадий жизненного цикла газового промысла, в том числе изучения, моделирования, проектирования, строительства, эксплуатации, диагностики, управления, безопасности и ликвидации основных объектов.

Более десяти лет эксплуатируются базовые элементы цифровизации газового производства на Астраханском месторождении, что позволило реализовать комплексные алгоритмы удаленного управления и диагностику оборудования по оптическим линиям связи и передачи информации. На Чаяндинском «цифровом» месторождении предусмотрена интеграция автоматизированного и автоматического управления объектами технологи-

ческой цепочки. Центр управления автоматизированным технологическим комплексом Чаяндинского месторождения на базе отечественных программно-аппаратных средств и высокоскоростных каналов связи обеспечит моделирование и мониторинг состояния технологических объектов, а также информационное взаимодействие и диагностику всех элементов производственной цепочки.

Заключение.

Цифровое газовое производство позволяет: оптимизировать распределение нагрузки по скважинам, агрегатам и установкам, планомерно обеспечить работы по ремонту и обслуживанию; рационально использовать пластовое давление; оптимизировать работу оборудования и эксплуатацию скважин; снижать издержки; обеспечить автоматизированную подстройку и адекватность геолого-технологической модели фактическим показателям газодобычи; организовать автоматизированный расчет баланса по скважинам и управление режимами скважин, промыслами и месторождению в целом; выполнить учет ресурсов и планирование работ, оформление отчетных форм с учетом принятых целевых показателей бизнес-модели газодобычи; адаптировать систему управления режимами (СУР) месторождения в реальном масштабе времени, обеспечив соответствие модели рисков и режимов реальным характеристикам промысловых объектов; обеспечить технологическую и экологическую безопасность добычи на всем жизненном цикле месторождения. По оценке специалистов Института Проблем Нефти и Газа РАН затраты по цифровизации газового промысла при извлечении остаточных запасов составляют не более \$1-2 на 1000 куб. газа, при этом коренным образом (в десятки раз) меняются объемы оперативной и расчетной оперативной информации по уровням управления Предприятия. При этом решаются задачи повышения технологической и экологической безопасности при эксплуатации месторождения за счет: непрерывного расчета рисков и анализа технологической и экологической безопасности, снижения вероятности опасных отклонений путем автоматизации процессов управления; передачи части компетенций на уровень роботизированных систем, что снижает влияние человеческого фактора и компетенций персонала и предусматривает ситуационное управление на основе моделей развития. Лучшие мировые практики показали эффективность применения принципов «цифрового» месторождения на газовых объектах, что обеспечивает увеличение извлекаемых запасов газа до 7 %, уменьшение времени простоев скважин порядка 50 % от начального уровня и сокращение операционных затрат не менее 10...25 %. Имеющаяся сегодня нормативно-техническая база, состав действующих стандартов позволяет системно перейти к практике цифровой газодобычи.

Цифровая газовая экономика уже в ближайшие годы столкнется с серьезной потребностью в высококвалифицированных кадрах по цифровым газовым профессиям, а также с проблемой переобучения специали-

стов, которые потеряют свои рабочие места в связи с автоматизацией, новым цифровым специальностям и компетенциям. Как ожидается к 2025 году около 30 % текущих газовых профессий будут заменены роботизированными или кибер-физическими системами.

Статья подготовлена по результатам работ, выполненных в рамках Программы государственных академий наук на 2013 – 2020 годы (раздел 9 «Науки о Земле»; направления фундаментальных исследований: 131. «Геология месторождений углеводородного сырья, фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа, научные основы формирования сырьевой базы традиционных и нетрадиционных источников углеводородного сырья» и 132 «Комплексное освоение и сохранение недр Земли, инновационные процессы разработки месторождений полезных ископаемых и глубокой переработки минерального сырья»), в рамках государственного задания по темам «Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности», № АААА-А16-116031750016-3.

Список литературы

1. Нефть России. 2018. №3-4. С.1. <http://lib4ipng.ru/node/442>.
2. Путем цифровизации и квантовизации / Н.А. Еремин, С.С. Камаева, А.Д. Черников, Ал. Н. Еремин // Нефть России. 2018. №3-4. С.62-65.
3. Столяров В.Е. Концепция обустройства месторождений, реализованных на принципах малолюдных технологий (интеллектуальное месторождение) //Сб. науч. тр. V Междунар. конф. «Современные технические инновационные решения, направленные на повышение эффективности реконструкции и технического перевооружения объектов добычи углеводородного сырья»: 10-13 октября 2016. ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Москва. 2016. С.15-28.
4. Еремин Н. А. Моделирование месторождений углеводородов методами нечеткой логики // Наука. 1994. 462 с.
5. Цифровая модернизация газового комплекса / Л.А. Абукова, А.Н. Дмитриевский, Н.А. Еремин, Н.Н. Михайлов // Сб. науч. тр. заседания секции «Добыча газа и газового конденсата» Научно-технического совета ПАО «Газпром» "Актуальные вопросы разработки и внедрения малолюдных (удаленных) технологий добычи и подготовки газа на месторождениях ПАО «Газпром»: 22-26 мая 2017. М.: Светлогорск, ОАО «Газпром автоматизация». 2017. С.9-20.
6. Мартынов В.Г., Абукова Л.А., Еремин Н.А. Цифровизация нефтегазового производства в России и странах ЕАЭС // Сб. науч. тр. XII Всерос. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России. Секция 2. Разработки и эксплуатации месторождений

природных углеводородов»: 12-14 февраля 2018. Москва, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. С.69.

7. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. Современная НТР и смена парадигмы освоения углеводородных ресурсов // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2015. № 6. С. 10-16.

8. Цифровизация и интеллектуализация нефтегазовых месторождений / А.Н. Дмитриевский, В.Г. Мартынов, Л.А. Абукова, Н.А. Еремин // Автоматизация и ИТ в нефтегазовой области. 2016. № 2 (24). С. 13–19.

9. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. Инновационный потенциал умных нефтегазовых технологий // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2016. №1. С.4-9.

10. Еремин Н.А., Дмитриевский А.Н., Тихомиров Л.И. Настоящее и будущее интеллектуальных месторождений // Нефть. Газ. Новации. 2015. № 12. С. 44–49.

11. Еремин Ал. Н., Еремин Н.А. Современное состояние и перспективы развития интеллектуальных скважин // Нефть. Газ. Новации. 2015. № 12. С. 50–53.

12. Еремин Н.А., Сарданашвили О.Н. Инновационный потенциал цифровых технологий. // Актуальные проблемы нефти и газа. 2017. Вып. 3(18). С.1-9.

13. Абукова Л.А., Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. Цифровая модернизация нефтегазового комплекса России // Нефтяное хозяйство. 2017. №11. С.54-58.

14. Цифровая модернизация нефтегазовой отрасли: состояние и тренды / Л.А. Абукова, А.Н. Дмитриевский, Н.А. Еремин, А.Д. Черников // Датчики и системы. 2017. №11. С.13-19.

15. Еремин Н.А., Еремин Ал.Н., Еремин Ан.Н. Цифровая модернизация нефтегазового производства // Нефть. Газ. Новации. 2017. № 12. С. 13-16.

16. Еремин Н.А. Цифровые тренды в нефтегазовой отрасли // Нефть. Газ. Новации. 2017. № 12. С. 17-23.

17. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. Цифровое развитие Арктической зоны России: состояние и лучшие практики // Региональная энергетика и энергосбережение, 2018. №3. С.2-3.

18. Гаричев С.Н., Еремин Н.А. Технология управления в реальном времени: учеб. пособие. В 2 ч./ под ред. С.Н. Гаричев, Н.А. Еремин. М.: МФТИ. 2015. Ч. 2. 304 с.

19. Garichev S.N., Eremin N.A. Technology of management in real time // Учеб. пособие (на английском языке). В 2 ч. М.: МФТИ. Ч. 1. 227 с.

20. Еремин Н.А., Еремин А.Н., Еремин А.Н. Управление разработкой интеллектуальных месторождений. М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, В 2-х кн.: учеб. пособие для вузов. Кн. 2. 2012. 210 с.

21. Еремин Н.А., Еремин Ан.Н., Еремин Ал.Н. Оптикализация

нефтегазовых месторождений // Нефть. Газ. Новации, 2016. №12. С.40-44.

22. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. Нефтегазовый комплекс РФ - 2030: цифровой, оптический, роботизированный // Управление качеством в нефтегазовом комплексе, 2017. №1. С.10-12.

23. Ивлев А.П., Еремин Н.А. Петроботика: роботизированные буровые комплексы // Бурение и нефть, 2018. № 2. С.8-13.

24. Камаева С.С., Еремин Н.А. Риск-ориентированный подход к обеспечению безопасности газопроводов с применением бесконтактных технологий технического диагностирования // Нефть. Газ. Новации. 2017. № 9. С. 75-82.

25. Еремин Ал.Н., Еремин Ан.Н., Еремин Н.А. О квантовизации и роботизации нефтегазового дела // Сб. науч. тр. III междунар. науч.-методич. конф. «Будущее в настоящем: человеческое измерение цифровой эпохи» гуманитарные Губкинские чтения: 5-6 апреля 2018. Ч. 3. / под ред. М.Б. Балычева, О.М. Смирнова. М: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2018. С.147-154.

26. Еремин Н.А., Золотухин А.Б. Петророботика: состояние и гуманитарные аспекты // Сб. науч. тр. III междунар. науч.-методич. конф. «Будущее в настоящем: человеческое измерение цифровой эпохи» гуманитарные Губкинские чтения: 5-6 апреля 2018. Ч. 3. / под ред. М.Б. Балычева, О.М. Смирнова. М: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2018. С.155-161

27. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. Большие геоданные в цифровой нефтегазовой экосистеме // Энергетическая политика. 2018. №2. С.31-39.

28. Еремин Н.А. Работа с большими геолого-промысловыми данными в эпоху нефтегазового интернета вещей // Нефть. Газ. Новации. 2018. № 2. С. 70-72.

29. Газовая скважина как объект автоматизации в современных условиях/ В.З. Минликаев, Д.В. Дикамов, В.Е. Столяров, И.А. Дяченко //Газовая промышленность, 2014. №10 /713/ 2014. С.52-57.

30. Дяченко И.А., Никаноров В.В., Столяров В.Е. Комплексный подход при автоматизации газовых и газоконденсатных скважин ОАО «Газпром»: Основные подходы по реализации концепции автоматизированного газового месторождения //Сб. науч. тр. III междунар. конф. «Современные технические инновационные решения, направленные на повышение эффективности реконструкции и технического перевооружения объектов добычи углеводородного сырья», Новый Уренгой. 2014. С.19-31.

31. Организация АСУ ТП распределенных объектов на основе беспроводных сенсорных сетей / В.Е. Столяров, С.В. Ларцов, И.А. Дяченко, В.М. Карюк // Экспозиция Нефть Газ. 2013. № 3. С. 29-33.

32. Результаты регистрации устьевых параметров газовых скважин Краснодарского ПХГ, полученные с помощью АСОИ «Скважина», постро-

енной на основе беспроводных сенсорных сетей / В.М. Карюк [и др.] // Сб. междунар. конф. «Подземное хранение газа. Полвека в России: опыт и перспективы». Москва, 2008. С. 415.

Дмитриевский Анатолий Николаевич, д-р геол.-мин. наук, проф., академик РАН, научный руководитель, a.dmitrievsky@ipng.ru, Россия, Москва, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Проблем Нефти и Газа Российской Академии Наук (ИПНГ РАН), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина),

Еремин Николай Александрович, д-р техн. наук, проф., зам. директора, ermn@mail.ru, eremin@ipng.ru, Россия, Москва, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Проблем Нефти и Газа Российской Академии Наук (ИПНГ РАН), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина),

Столяров Владимир Евгеньевич, нач. отдела, V.Stoliarov@adm.gazprom.ru, Россия, Санкт-Петербург, Публичное Акционерное Общество «Газпром»

TO A QUESTION DIGITIZING OF GAS PRODUCTION PROCESSES

A.N. Dmitrievsky, N.A. Eremin, V. E. Stolyarov

The article is devoted to the issues of the digitalization of gas production processes, the optimization of operating costs and increasing of profitability of the developed gas fields. The basis of the approach is the integration of proven solutions at gas production facilities and the creation of an integrated technological complex that provides dynamic optimization, and improving the quality of gas production management in real time. The use of digital technologies provides the possibility of remote control of gas production facilities. These solutions are particularly effective in regions with complex natural and climatic conditions or underdeveloped infrastructure, offshore and offshore fields. Digital gas production technologies make it possible to prolong the period of profitable operation of gas fields at the stage of falling production.

In 2018, innovative technologies will be actively introduced into digital gas production. New waves of technological modernization of the digital gas industry are becoming more numerous and diverse than ever. Among the innovative technologies, it is possible to distinguish the quantization of the collection and transfer of large volumes of geo-information on secure fiber-optic channels, digital oil and gas university, artificial intelligence methods, petrobotics, predictive analytics, oil and gas wireless and satellite Internet of things. These new technologies have passed the pilot testing phase and are mature enough to provide opportunities for increasing the efficiency of the digital gas business.

Key words: digital gas complex, digital gas economy, digital economy, digitalization, intellectualization, robotization, digital wells and fields, intellectualization of production and development.

The article is prepared based on the results of the work carried out within the

framework of the Program of the State Academies of Sciences for 2013-2020. Section 9 "Earth Sciences"; directions of fundamental research: 131. "Geology of hydrocarbon fields, fundamental problems of geology and geochemistry of oil and gas, scientific foundations for the formation of a raw materials base for traditional and non-traditional sources of hydrocarbon raw materials" and 132 "Integrated development and conservation of the Earth's interior, innovative development of mineral fields and deep processing of mineral raw materials", within the framework of the projects "The Fundamental Basis of Innovative Technologies in the Oil and Gas Industry", No. AAAA-A16-116031750016-3.

Dmitrievsky Anatoliy Nikolaevich, Dr. geol.-min., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director, a.dmitrievsky@ipng.ru, Russia, Moscow, Federal State Budgetary Institute of Science Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences (OGRI RAS), Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Russian State University of Oil and Gas (National Research University) named after I.M. Gubkin" (Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University))

Eremin Nikolai Alexandrovich, Dr. of Tech., Prof., Deputy Director, ermn@mail.ru, eremin@ipng.ru, Russia, Moscow, Federal State Budgetary Institute of Science Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences (OGRI RAS), Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Russian State University of Oil and Gas (National Research University). Gubkin" (Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)),

Stolyarov Vladimir Evgenievich, Head of Division, V.Stolyarov@adm.gazprom.ru, Russia, St. Petersburg, Gazprom Public Joint Stock Company»

Reference

1. Neft' Rossii. 2018. №3-4. S.1. <http://lib4ipng.ru/node/442>.
2. Putem cifrovizacii i kvantovizacii / N.A. Eremin, S.S. Kamaeva, A.D. Chernikov, Al. N. Eremin // Neft' Rossii. 2018. №3-4. S.62-65.
3. Stolyarov V.E. Konceptiya obustroystva mestorozhdenij, realizovannyh na principah malolyudnyh tekhnologij (intellektual'noe mestorozhdenie) // Sb. nauch. tr. V mezhdunar. konf. «Sovremennye tekhnicheskie innovacionnye resheniya, napravlennye na povyshenie effektivnosti rekonstrukcii i tekhnicheskogo perevooruzheniya ob'ektov dobychi uglevodorodnogo syr'ya»: 10-13 oktyabrya 2016. OOO «Gazprom VNIIGAZ», Moskva. 2016. S.15-28.
4. Eremin N. A. Modelirovanie mestorozhdenij uglevodorodov metodami nechetkoj logiki // Nauka. 1994. 462 s.
5. Cifrovaya modernizaciya gazovogo kompleksa / L.A. Abukova, A.N. Dmitrievskij, N.A. Eremin, N.N. Mihajlov // Sb. nauch. tr. zasedaniya sekcii «Dobycha gaza i gazovogo kondensata» Nauchno-tekhnicheskogo soveta PAO «Gazprom» "Aktual'nye voprosy razrabotki i vnedreniya malolyudnyh (udalennyh) tekhnologij dobychi i podgotovki gaza na mestorozhdeniyah PAO «Gazprom»: 22-26 maya 2017. M.: Svetlogorsk, OAO «Gazprom avtomatizaciya». 2017. S.9-20.
6. Martynov V.G., Abukova L.A., Eremin N.A. Cifrovizaciya nefte-gazovogo proizvodstva v Rossii i stranah EAES // Sb. nauch. tr. XII Vseros. nauch.-tekhn. konf. «Aktual'nye problemy razvitiya neftegazovogo kompleksa Rossii. Sekciya 2. Razrabotki i eksplu-

atacii mestorozhdenij prirodnyh uglevodorodov»: 12-14 fevralya 2018. Moskva, RGU nefti i gaza (NIU) imeni I.M. Gubkina. S.69.

7. Dmitrievskij A.N., Eremin N.A. Sovremennaya NTR i smena para-digmy osvoeniya uglevodorodnyh resursov // Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom. 2015. № 6. S. 10-16.

8. Cifrovizaciya i intellektualizaciya neftegazovyh mestorozhdenij / A.N. Dmitrievskij, V.G. Martynov, L.A. Abukova, N.A. Eremin // Avtomatizaciya i IT v neftegazovoj oblasti. 2016. № 2 (24). S. 13–19.

9. Dmitrievskij A.N., Eremin N.A. Innovacionnyj potencial umnyh neftegazovyh tekhnologij // Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanyh i gazovyh mestorozhdenij. 2016. №1. S.4-9.

10. Eremin N.A., Dmitrievskij A.N., Tihomirov L.I. Nastoyashchee i budushchee intellektual'nyh mestorozhdenij // Neft'. Gaz. Novacii. 2015. № 12. S. 44–49.

11. Eremin A.N., Eremin N.A. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya intellektual'nyh skvazhin // Neft'. Gaz. Novacii. 2015. № 12. S. 50–53.

12. Eremin N.A., Sardanashvili O.N. Innovacionnyj potencial cifrovyyh tekhnologij. // Aktual'nye problemy nefti i gaza. 2017. Vyp. 3(18). S.1-9.

13. Abukova L.A., Dmitrievskij A.N., Eremin N.A. Cifrovaya modernizaciya neftegazovogo kompleksa Rossii // Neftyanoe hozyajstvo. 2017. №11. S.54-58.

14. Cifrovaya modernizaciya neftegazovoj otrasli: sostoyanie i trendy / L.A. Abukova, A.N. Dmitrievskij, N.A. Eremin, A.D. Chernikov // Datchiki i sistemy. 2017. №11. S.13-19.

15. Eremin N.A., Eremin A.N., Eremin A.N. Cifrovaya modernizaciya neftegazovogo proizvodstva // Neft'. Gaz. Novacii. 2017. № 12. S. 13-16.

16. Eremin N.A. Cifrovye trendy v neftegazovoj otrasli // Neft'. Gaz. Novacii. 2017. № 12. S. 17-23.

17. Dmitrievskij A.N., Eremin N.A. Cifrovoe razvitie Arkticheskoy zony Rossii: sostoyanie i luchshie praktiki // Regional'naya energetika i energosberezhenie, 2018. №3. S.2-3.

18. Garichev S.N., Eremin N.A. Tekhnologiya upravleniya v real'nom vremeni: ucheb. posobie. V 2 ch. / pod red. S.N. Garichev, N.A. Eremin. M.: MFTI. 2015. Ch. 2. 304 s.

19. Garichev S.N., Eremin N.A. Technology of management in real time // Ucheb. posobie (na anglijskom yazyke). V 2 ch. M.: MFTI. Ch. 1. 227 s.

20. Eremin N.A., Eremin A.N., Eremin A.N. Upravlenie razrabotkoj intellektual'nyh mestorozhdenij. M.: RGU nefti i gaza (NIU) imeni I.M. Gubkina, V 2-h kn.: ucheb. posobie dlya vuzov. Kn. 2. 2012. 210 s.

21. Eremin N.A., Eremin A.N., Eremin A.N. Optikalizaciya neftegazovyh mestorozhdenij // Neft'. Gaz. Novacii, 2016. №12. S.40-44.

22. Dmitrievskij A.N., Eremin N.A. Neftegazovyy kompleks RF - 2030: cifrovoy, opticheskij, robotizirovannyj // Upravlenie kachestvom v neftegazovom komplekse, 2017. №1. S.10-12.

23. Ivlev A.P., Eremin N.A. Petrobotika: robotizirovannye burovyje kompleksy // Burenie i neft', 2018. № 2. S.8-13.

24. Kamaeva S.S., Eremin N.A. Risk-orientirovannyj podhod k obespecheniyu bezopasnosti gazoprovodov s primeneniem beskontaktnykh tekhnologij tekhnicheskogo diagnostirovaniya // Neft'. Gaz. Novacii. 2017. № 9. S. 75-82.

25. Eremin A.N., Eremin A.N., Eremin N.A. O kvantovizacii i robotizacii neftegazovogo dela // Sb. nauch. tr. III mezhdunar. nauch.-metodich. konf. «Budushchee v nastoyashchem: chelovecheskoe izmerenie cifrovoy epohi» gumanitarnye Gubkinskie chteniya: 5-6 aprelya 2018. Ch. 3. / pod red. M.B. Balycheva, O.M. Smirnova. M: Izdatel'skij centr RGU nefti i gaza (NIU) imeni I.M. Gubkina, 2018. S.147-154.

26. Eremin N.A., Zolotuhin A.B. Petrrobotika: sostoyanie i gumanitarnye aspekty // Sb. nauch. tr. III mezhdunar. nauch.-metodich. konf. «Budushchee v nastoyashchem: che-lovecheskoe izmerenie cifrovoj epohi» gumanitarnye Gubkinskie chteniya: 5-6 aprelya 2018. Ch. 3. / pod red. M.B. Balycheva, O.M. Smirnova. M: Izdatel'skij centr RGU nefti i gaza (NIU) imeni I.M. Gubkina, 2018. S.155-161
27. Dmitrievskij A.N., Eremin N.A. Bol'shie geodannye v cifrovoj neftegazovoj ekosisteme // Energeticheskaya politika. 2018. №2. S.31-39.
28. Eremin N.A. Rabota s bol'shimi geologo-promyslovymi dannymi v epohu nefte-gazovogo interneta veshchej // Neft'. Gaz. Novacii. 2018. № 2. S. 70-72.
29. Gazovaya skvazhina kak ob"ekt avtomatizacii v sovremennyh uslo-viyah/ V.Z. Minlikaev, D.V. Dikamov, V.E. Stolyarov, I.A. Dyachenko //Gazovaya promyshlennost', 2014. №10 /713/ 2014. S.52-57.
30. Dyachenko I.A., Nikanorov V.V., Stolyarov V.E. Kompleksnyj pod-hod pri avtomatizacii gazovyh i gazokondensatnyh skvazhin OAO «Gaz-prom»: Osnovnye podhody po realizacii koncepcii avtomatizirovannogo gazovogo mestorozhdeniya //Sb. nauch. tr. III mezhdunar. konf. «Sovremennye tekhnicheskie innovacionnye resheniya, napravlennye na povyshenie effek-tivnosti rekonstrukcii i tekhnicheskogo perevooruzheniya ob"ektov dobychi uglevodorodnogo syr'ya», Novyj Urengoj. 2014. S.19-31.
31. Organizaciya ASU TP raspredelennyh ob"ektov na osnove besprovodnyh sen-sornyh setej / V.E. Stolyarov, S.V. Larcov, I.A. Dyachenko, V.M. Karyuk // Ekspoziciya Neft' Gaz. 2013. № 3. S. 29-33.
32. Rezul'taty registracii ust'evyh parametrov gazovyh skvazhin Krasnodarskogo PHG, poluchennye s pomoshch'yu ASOI «Skvazhina», postroennoj na osnove besprovodnyh sensornyh setej / V.M. Karyuk [i dr.] // Sb. mezhdunar. konf. «Podzemnoe hranenie gaza. Polveka v Rossii: opyt i perspektivy». Moskva, 2008. S. 415.

УДК: 622.53:622.534:678.5/.6.003.1

ОЦЕНКА ПРИОРИТЕТОВ ПРИ ВЫБОРЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ КОММУНИКАЦИЙ ПОД ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ГОРОДА

В.И. Ефимов, А.С. Куликова, С.М. Попов, А.А. Маликов

Представлен новый методический подход, позволяющий определять приоритетные виды современных строительных материалов и конструкций для различных областей, предназначенных для размещения коммуникаций под водными объектами города. Отличительной особенностью данного подхода является выявление взаимосвязи новых строительных материалов и конструкций с различными видами эффектов, которые могут иметь место в процессе строительства и последующей эксплуатации таких объектов. Методический подход позволяет устанавливать степень приоритетности возможного использования как уже производимых nano, композитных строительных материалов, так и тех, которые только апробируются или которые могут быть созданы.

Ключевые слова: композитные материалы и конструкции; функциональные критерии оценки эффективности применения строительных материалов; городские

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ

<i>Волкова Е.М., Акатова Е.В., Бойкова О.И., Хлытин Н.В.</i> Химические и микробиологические аспекты торфообразовательного процесса на карстовых болотах Тульской области.....	3
<i>Голик В.И., Бурдзиева О.Г., Ганин М.П.</i> Экологический концепт природного выщелачивания металлических руд.....	16
<i>Гридневский А.В., Прокопов А.Ю.</i> Природно-техногенные условия формирования подтопления межбалочных пространств города Ростова-на-Дону.....	26
<i>Далатказин Т.Ш., Харисов Т.Ф.</i> Исследование последствий затопления подземного рудника на селитебной территории.....	38
<i>Ефимов В.И., Попов С.М., Корчагина Т.В.</i> Моделирование эффективности использования мембранных технологий по очистке шахтных вод в условиях Восточного Донбасса.....	51
<i>Третьяк А.Я., Швец В.В., Нырков Е.А.</i> Выбор оптимального магнитного поля с целью регенерации скважинных самоочищающихся фильтров.....	62

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>Асанин А.В., Войцеховский В.Ф., Руденко В.А.</i> Адаптивно-адресная система оповещения и информирования сотрудников на аварийно-опасных объектах.....	72
<i>Васин С.А., Кошелева А.А.</i> Решение вопросов безопасности при проектировании автомобиля для людей с ограниченными возможностями здоровья.....	77
<i>Земсков А.Н., Лискова М.Ю.</i> Особенности формирование компонентного состава газов калийных месторождений.....	88
<i>Исаева Л.К., Спиридонов В.П.</i> О безопасности добычи и свойствах углей.....	98

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

<i>Голик В.И., Разоренов Ю.И., Дмитрак Ю.В., Габараев О.З.</i> Тенденции развития минерально-сырьевой базы цветной металлургии России.....	117
---	-----

<i>Голутвин В.А., Анцев В.Ю., Сальников В.С., Анцев А.В.</i> Выбор оптимальной ширины ленты ленточного конвейера.....	128
<i>Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Столяров В.Е.</i> К вопросу цифровизации процессов газодобычи.....	136
<i>Ефимов В.И., Куликова А.С., Попов С.М.Маликов А.А.</i> Оценка приоритетов при выборе композитных материалов и конструкций для сооружения коммуникаций под водными объектами города.....	152
<i>Зубов В.П., Фунт Мань Дак, Ву Тхай Тьен Зунг</i> Ресурсосберегающие технологии разработки мощных пологих угольных пластов на шахтах Куангниньского бассейна.....	160
<i>Петров А.Н., Петрова Л.В., Сивцева А.И., Алексеев А.М.</i> Отработка нижних горизонтов золоторудного месторождения «Бадран» с применением самоходного оборудования.....	175
<i>Писаренко М.В.</i> Ресурсная база коксующихся углей России.....	184
<i>Плотников Е.А., Гвоздкова Т.Н., Кузнецов Е.В.</i> Исследования в выемочном столбе на пласту, опасном по горным ударам в особо сложных условиях.....	195
<i>Торро В.О., Супруненко А.Н., Ремезов А.В., Кузнецов Е.В.</i> Определение тенденций развития технологий отработки мощных пологих пластов угля подземным способом.....	204
<i>Чебан А.Ю., Хрунина Н.П.</i> Автоматизация процессов разработки сложноструктурных месторождений с применением машин послыйного фрезерования.....	220
<i>Шишлянников Д.И., Максимов А.Б., Трифанов Г.Д., Чекмасов Н.В.</i> Исследование процесса формирования необогатимых классов калийной руды при добыче, погрузке и транспортировании.....	230
<i>Шубин Г.В., Заровняев Б.Н., Акишев А.Н., Луки Э.Р.</i> Защита транспортных берм от камнепада с уступов бортов глубоких карьеров.....	243

ГЕОМЕХАНИКА

<i>Качурин Н.М., Афанасьев И.А.</i> Определение влияния податливого слоя на величину напряжений в бетонной крепи ствола скважины 784/1 ОАО «Уралкалий».....	253
<i>Качурин Н.М., Афанасьев И.А., Ганин М.П., Стась П.П.</i> Расчет опорных венцов крепи ствола на отметках 281,3м и 293,1м скважины 784/1 ОАО «Уралкалий».....	259

33Научное издание

**ИЗВЕСТИЯ
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Выпуск 2

Редактор Н.М. Качурин

Компьютерная правка и верстка Г.В. Стась

Учредитель:
ФГБОУ ВО "Тульский государственный университет"
300012, г. Тула, просп. Ленина, 92

Изд. лиц. ЛР № 020300 от 12.02.97
Подписано в печать 21.06.19. Дата выхода в свет 26.06.19
Фотмат бумаги 70×100 1/8. Бумага офсетная
Усл. печ. л. 63,8.
Тираж 500 экз. Заказ 079
Цена свободная

Адрес редакции и издателя:
300012, г. Тула, просп. Ленина, 95
Отпечатано в Издательстве ТулГУ
300012, г. Тула, просп. Ленина, 95