



ИНСТРУМЕНТЫ
АВТОМАТИЗАЦИИ

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ
ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ

СТРАТЕГИЯ
КОМПЛЕКСНОЙ
ЦИФРОВИЗАЦИИ

ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ

Neftegaz.RU

ИНТЕРЕСНО О СЕРЬЕЗНОМ

ISSN 2410-3837

6 [138] 2023

РОССИЙСКИЕ ЦИФРОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ



Входит в перечень ВАК (К1)

СЕЛЕКТУМ

ИННОВАЦИОННЫЕ
КАТАЛИЗАТОРЫ

Neftegaz.RU

СПЕЦПРОЕКТ

Наши катализаторы

как «Газпром нефть»
строит новую
высокотехнологичную
индустрию

Новое поколение катализаторов — это интересно! О технологиях, испытаниях и создании в России высокотехнологичной отрасли читайте в новом совместном спецпроекте Neftegaz.RU и компании «Газпром нефть».

SELECTUM.NEFTEGAZ.RU



Инструменты автоматизации концептуального проектирования обустройства морских месторождений

14

Импортозамещение ИТ-инфраструктуры: «классика» или гиперконвергенция?

24

СОДЕРЖАНИЕ

Стратегия комплексной системы цифровизации газоконденсатных месторождений Узбекистана

28

БПЛА: новая угроза для объектов транспортной инфраструктуры и ТЭК. Зарубежная практика и пути решения

36

Эпохи НГК 4

РОССИЯ Главное

Буква и цифра 6

Дорожная карта нефтегазохимических кластеров 8

События 10

Первой строчкой 12

ЦИФРОВИЗАЦИЯ

Инструменты автоматизации концептуального проектирования обустройства морских месторождений 14

Импортозамещение ИТ-инфраструктуры: «классика» или гиперконвергенция? 24

Календарь событий 27

ЦИФРОВИЗАЦИЯ

Стратегия комплексной системы цифровизации газоконденсатных месторождений Узбекистана 28

БПЛА: новая угроза для объектов транспортной инфраструктуры и ТЭК. Зарубежная практика и пути решения 36

Российские цифровые технологии: подведение итогов 2022 40

Повышение экономической эффективности разработки нефтегазовых месторождений на основе внедрения цифровых инструментов 44

Разработка подкозырьковых месторождений нефти высокотехнологичными горизонтальными скважинами 52

НЕФТЕСЕРВИС

Расчет показателей разработки слоисто-неоднородного пласта полимерным заводнением на основе модели линейного вытеснения 58

Ремонт скважин: конкурентоспособный сервис 61

Проходка в хемогенных породах: анализ проблем разработки рецептуры бурового раствора

62

Нейтралитет Туркменистана как фактор энергетической безопасности и добрососедства для России в Средней Азии

80

Экономическая оценка рисков инвестиционных прогнозов по одному из месторождений Пермского края

88

Индустрия СПГ в Австралии

92

БУРЕНИЕ
Проходка в хемогенных породах: анализ проблем разработки рецептуры бурового раствора 62

ПРОМЫСЛОВАЯ ХИМИЯ
Применение низко- и высокомолекулярных полимерных растворов для увеличения коэффициента охвата вытеснением 66

Россия в заголовках 71

КАДРЫ
В выигрыше остались все! 72

ПЕРЕРАБОТКА
Состав газообразных продуктов низкотемпературного термолитического распада асфальтенов как показатель их структуры и термической стабильности 74

ЭКОНОМИКА
Нейтралитет Туркменистана как фактор энергетической безопасности и добрососедства для России в Средней Азии 80

Хронограф 87

Экономическая оценка рисков инвестиционных прогнозов по одному из месторождений Пермского края 88

РЫНОК
Индустрия СПГ в Австралии 92

ТРАНСПОРТИРОВКА
Катамаран-контейнеровоз для эффективной логистики 95

ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ
В Уфе подвели итоги международной выставки «Газ. Нефть. Технологии» 100

Новости науки 102

Нефтегаз Life 104

Классификатор 106

Цитаты 112

321 год назад

В 1702 году в первом номере газеты «Ведомости» публикуется заметка о том, что в Поволжье на реке Сок обнаружена нефть.

234 года назад

В 1789 году А. Лавуазье выпускает первый номер журнала по химии – «Анналы химии».

218 лет назад

В 1805 году А. Гумбольдт впервые высказывает идею о минеральном происхождении нефти.

174 года назад

В 1849 году канадский геолог А. Геснер получил керосин путем дистилляции нефти.

170 лет назад

В 1853 году И. Зег и И. Лукасевич изобретают керосиновую лампу, что делает керосин очень популярным товаром.

153 года назад

В 1870 году Д. Рокфеллер скупает разорившиеся нефтяные компании, договаривается с железными дорогами и через 7 лет контролирует 90% нефтяного рынка США.

146 лет назад

В 1877 году российское правительство стало сдавать участки с месторождениями в аренду, за пользование нефтепромыслами взимался ежегодный налог, а вырабатываемый керосин облагался акцизом.

111 лет назад

В 1912 году К. Энглер высказал предположение о роли природных алюмосиликатов, т.е. глины, в процессах образования нефти.

104 года назад

В 1919 году академик Н. Зелинский произвел перегонку сапропеля из оз. Балхаш, выделив сырую смолу, кокс и газ.

102 года назад

В 1921 году японский ученый Кобаяси получил искусственную нефть при перегонке рыбьего жира без давления и в присутствии катализатора.

Издательство Neftegaz.RU

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор
Ольга Бахтина

Шеф-редактор
Анна Павлихина

Редактор
Анастасия Никитина

Аналитики
Анатолий Чижевский
Дарья Беляева

Журналисты
Анна Игнатьева
Елена Алифирова
Анастасия Гончаренко
Анастасия Хасанова
Анна Шевченко

Дизайн и верстка
Елена Валетова

Корректор
Виктор Блохин

РЕДКОЛЛЕГИЯ

Ампилов Юрий Петрович
д.т.н., профессор, МГУ им. М.В. Ломоносова

Алюнов Александр Николаевич
к.т.н., ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»

Бажин Владимир Юрьевич
д.т.н., эксперт РАН, Санкт-Петербургский горный университет

Гриценко Александр Иванович
д.т.н., профессор, академик РАН

Гусев Юрий Павлович
к.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО НИУ МЭИ

Данилов-Данильян Виктор Иванович
д.э.н., профессор, член-корреспондент РАН, Институт водных проблем РАН

Двойников Михаил Владимирович
д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский горный университет

Еремин Николай Александрович
д.т.н., профессор, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина

Илюхин Андрей Владимирович
д.т.н., профессор, Советник РААСН, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

Каневская Регина Дмитриевна
действительный член РАН, д.т.н., профессор, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина

Макаров Алексей Александрович
д.э.н., профессор, академик РАН, Институт энергетических исследований РАН

Мастепанов Алексей Михайлович
д.э.н., профессор, академик РАН, Институт энергетической стратегии

Панкратов Дмитрий Леонидович
д.т.н., профессор, Набережночелнинский институт

Половинкин Валерий Николаевич
научный руководитель ФГУП «Крыловский государственный научный центр», д.т.н., профессор, эксперт РАН

Салыгин Валерий Иванович
д.т.н., член-корреспондент РАН, профессор МИЭП МГИМО МИД РФ

Третьяк Александр Яковлевич
д.т.н., профессор, Южно-Российский государственный политехнический университет



Издательство:
ООО Информационное агентство
Neftegaz.RU

Директор
Ольга Бахтина

Отдел рекламы
Дмитрий Аверьянов
Валентина Горбунова
Анна Егорова
Марина Шевченко
Галина Зуева
Евгений Короленко

account@neftgaz.ru
Тел.: +7 (495) 778-41-01

Служба технической поддержки
Сергей Прибытков
Алексей Лозгачев

Выставки, конференции, распространение
Мария Короткова

Отдел по работе с клиентами
Екатерина Данильчук

Деловой журнал Neftegaz.RU зарегистрирован федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия в 2007 году, свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-46285

Адрес редакции:
123001, г. Москва, Благоевещенский пер., д. 3, с.1
Тел.: +7 (495) 778-41-01
www.neftgaz.ru
e-mail: info@neftgaz.ru
Подписной индекс Урал Пресс 013265

Переписка материалов журнала Neftegaz.RU невозможна без письменного разрешения главного редактора. Редакция не несет ответственности за достоверность информации, опубликованной в рекламных объявлениях, а также за политические, технологические, экономические и правовые прогнозы, представленные аналитиками. Ответственность за инвестиционные решения, принятые после прочтения журнала, несет инвестор.

Отпечатано в типографии «МЕДИАКОЛОР»

Заявленный тираж
8000 экземпляров



НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ С КАТАЛИЗАТОРОМ

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОДУКТЫ ДЛЯ ЗАГРУЗКИ В РЕАКТОР

ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА УПРАВЛЕНИЕ ПОСТАВКАМИ

Мы предлагаем собственные разработки катализаторов и адсорбентов на основе оксидов алюминия, титана. Наши керамические изделия, алюмооксидные шары, молекулярные сита и цеолиты демонстрируют высочайшие показатели надежности и производительности.

ПОСТАВКА ПРОДУКЦИИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ХИМИИ:

различные виды добавок и присадок для процессов нефтепереработки – одно из приоритетных направлений деятельности компании «ОптимЛайн».

реклама



+7 (495) 660 07 44
optimline@optimline.com
Optimline.com

Доля высокотехнологичных отечественных товаров в общем объеме потребления должна составить не менее

75 %

Для обеспечения технологического суверенитета необходимо увеличение внутренних затрат на исследования и разработки не менее чем

на 45 %

Уровень инновационной активности должен увеличиться

в 2,3 раза,

а затраты на эти цели – в 1,5 раза

К 2030 г. объем инновационных товаров, работ и услуг должен увеличиться

в 1,9 раза,

а число патентных заявок – в 2,4 раза

БУКВА И ЦИФРА

Анна Павлихина

На пути своего недолгого по вселенским меркам прогресса человечество совершило два революционных (или, если хотите, эволюционных) изобретения – буквы и цифры. Конечно, открытий, интеллектуальных находок, было существенно больше, но только эти два шага перенесли нас на качественно иной уровень. С того момента, когда человек впервые додумался кодировать знания символами, все, до чего могла дотянуться мысль homo sapiens, надежно закреплялось в истории, и последующие поколения, опираясь на эти знания, зашагали по тропинке цивилизации семимильными шагами.

Именно на изобретении «буквы» (подведем под этот собирательный образ и иероглифику с клинописью) зжились достижения первых цивилизаций в области торговли и науки. Все остальные великие изобретения и открытия стали лишь следствием овладения письмом. Писчие принадлежности и печатный станок казались незаменимыми и незаменимыми, пока XX век не сокрушил это убеждение вторым за всю историю человечества судьбоносным изобретением – цифровыми технологиями.

Между этими открытиями пять тысяч лет. За это время письменность трансформировалась, упрощалась по форме и усложнялась по содержанию, но с точки зрения технологии это переход от глиняной таблички к печатному станку.

Цифровые технологии продемонстрировали способность к более быстрому движению: от изобретения компьютера до облачных технологий прошло 20 лет, от облака до виртуальной реальности – 10.

Гутенберг создал печатный станок около 1450 г., но понадобилось более ста лет, чтобы в нашей стране начали печатать книги. Сегодня, когда плотность



коммуникаций в мире значительно выше, обмен знаниями и технологиями происходит существенно быстрее. Результатом постоянного обмена знаниями стал мир, в котором периоды от изобретения до повсеместного внедрения исчисляются уже не сотнями лет, а сотнями дней, и где на основе уже сделанных открытий рождаются новые изобретения, по экспоненте увеличивая копилку научных достижений.

В мае правительство России утвердило Концепцию технологического развития до 2030 г., цель которого – «достижение технологического суверенитета», вызывает гамму противоречивых чувств: и восторг, и сомнение, и негодование.

Восторг, потому что независимость в плане обеспечения технологиями, это в разы увеличенное финансирование исследовательских институтов, это

больше никаких третьих стран, чтобы получить мало-мальски необходимые запчасти, это возможность «пересадить» весь мир с условного айфона на условный тайгафон.

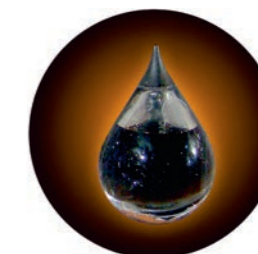
Сомнение возникает из-за отсутствия прецедентов, вряд ли какая-либо страна начиная с нового времени могла бы обоснованно утверждать, что достигла технологического суверенитета. А еще упавшие в два раза нефтегазовые (т.е. основные) доходы вряд ли позволят увеличить ассигнования на разработки.

Негодование, потому что, во-первых, есть опасение, что суверенитет может привести к изоляции, выражающейся в нежелании делиться даже академическими наработками с зарубежными коллегами и, как следствие, ограничение в доступе к мировым достижениям.

Во-вторых, за шесть с половиной лет, выделенных на реализацию этой великой цели, в лучшем случае удастся сохранить сегодняшние позиции. Но может быть и худший вариант, при котором темпы, взятые в погоне за показателями, приведут к внедрению не самых лучших решений. Максима «пятилетка за два года» хороша, когда дело касается добычи угля. Или нефти и газа. Но не технологий. Форсирование уже ощутили на себе отраслевые ведомства. В Минэнерго считают, что ускоренная замена ПО может негативно повлиять на работу энергосистемы и просят ввести исключения для компаний ТЭК по срокам импортозамещения критически важных IT-решений.

И, в-третьих, сомнительна осуществимость цели. Предполагается, что в стране будут созданы условия для высокоинтенсивной инновационной активности корпораций и предпринимателей, которые будут работать в комфортной регуляторной среде. К 2030 г. национальная экономика должна обеспечивать производство высокотехнологичной продукции: чипов и другой микроэлектроники, высокоточных станков и робототехники, авиакосмической техники, беспилотников, телекоммуникационной техники, программного обеспечения. Но сегодня не просматривается никаких механизмов, способствующих реализации этих задач, а иллюзорные цели, загораживающие реальные перспективы, не позволяют сделать шаги в правильном направлении.

Номер, который вы держите в руках, посвящен вопросам внедрения цифровых технологий, применяемых при разработке нефтегазовых месторождений, транспортировке углеводородов, в управлении энергопотреблением и обеспечении промбезопасности. Авторы рассказывают об уже внедренных решениях и дают оценку событий на ближайшую перспективу. ●



ДОРОЖНАЯ КАРТА НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКИХ КЛАСТЕРОВ

Анастасия Гончаренко

Правительство РФ актуализировало дорожную карту развития нефтегазохимического комплекса до 2025 г. Большинство мероприятий должно быть реализовано к концу 2023 г.

Существенная часть территории РФ располагается в полярных широтах, именно там находятся крупные запасы нефти и газа, для переработки которых необходимы современные производства. Поэтому предполагается расширить поддержку нефтегазохимических кластеров, в первую очередь в Арктической зоне в непосредственной близости от ресурсной базы. В числе основных задач: создание нефтегазохимических кластеров в Арктической зоне и на Дальнем Востоке России, развитие транспортно-логистической инфраструктуры, подготовка квалифицированных кадров для отрасли, проработка целесообразности проведения эксперимента по маркировке масел и смазок, утверждение комплексной программы освоения ресурсного потенциала полуострова Ямал. Программа должна быть утверждена к июлю 2024 г. Ответственные – Минэнерго, Минвостокразвития, Минпромторг, Минприроды и правительство Ямало-Ненецкого автономного округа.

К целевым показателям дорожной карты относятся: увеличение выработки крупнотоннажных полимеров на 34%, с 7,4 млн т в 2023 г. до 9,9 млн т к 2025 г., увеличение доли углеводородов в качестве сырья для нефтехимии с 26,2% в 2023 г. до 35,2% к 2025 г.

По словам вице-премьера РФ А. Новака, на сегодняшний день значительная часть нефтехимической продукции все еще поставляется из-за рубежа, и важнейшей задачей является обеспечение импортозамещения этих поставок. Для этого необходимо развивать производство крупно-, средне- и малотоннажной нефтехимической продукции, а также обеспечить технологический суверенитет в этом сегменте промышленности. Правительством уже создан ряд стимулов для реализации нефтехимических проектов, приняты поправки в Налоговый кодекс – введен обратный акциз на этан и СУГ, заключены пять инвестиционных соглашений о создании новых нефтехимических мощностей с крупнейшими предприятиями, реализуются проекты по строительству нефтегазохимических комбинатов с общим объемом инвестиций более 3 трлн руб. В результате только за три года объем производства крупнотоннажных полимеров увеличился на 25%, что позволило уйти от импортной зависимости в этом сегменте. ●

Рейтинги Neftegaz.RU

Роснефть предложила правительству РФ использовать котировку сорта Dubai вместо Brent при расчете налогов с предприятий российской нефтегазовой отрасли и экспортных пошлин. Минфин с предложением ознакомлен и прорабатывает его. Есть ли резон менять Brent на Dubai?

Надо ли при начислении налогов переходить на котировки сорта Dubai?

- 16%**
Да, базовая котировка Brent не отражает рыночную цену российской нефти, так как экспортные потоки перенаправлены на рынок АТР
- 23%**
Нет, это снизит налоговые поступления
- 17%**
Да, на котировках сорта Dubai формируются цены поставки почти на 30 млн барр. нефти в сутки, а это более 30% мировой добычи
- 8%**
Нет, достаточно изменить источник поступления информации о ценах
- 11%**
Да, сорт Dubai является основным бенчмарком при поставках нефти в страны АТР, тогда как привязка к Brent используется в европейском трейдинге
- 19%**
Нет, это сформирует зависимость от нового сорта, данные торговли которым также поступают от Argus Media

В мае стоимость нефти марки Urals упала на 9% до 53,34 долл. за барр., оказавшись на 6,7% ниже ценового потолка. За год российская нефть подешевела почти на треть. Но некоторые аналитики усматривают в этом позитивные моменты

Цена на российскую нефть за месяц упала на 5 долл. за барр., хорошо это или плохо?

- 14%**
С учетом снижения стоимости Brent скидка на Urals сократилась до 29,3%. Сокращение дисконта – позитивный факт, т.к. благодаря новому порядку расчета цен на нефть для налогообложения, это принесет бюджету 600 млрд рублей дополнительных доходов
- 38%**
Упавшая стоимость Urals ниже цены в 70,1 долл. за барр., заложенной в российский бюджет на 2023 год
- 3%**
Сокращение дисконта может благоприятно сказаться на интересе инвесторов к акциям нефтегазовых компаний и поддержать курс рубля
- 45%**
Низкая стоимость нефти означает низкие доходы нефтяных компаний, что не позволяет им инвестировать в развитие



История маленького острова



РЕКЛАМА

Где-то посреди Индийского океана есть крошечный тропический остров, окруженный белоснежным песком, бирюзовыми лагунами и невероятным коралловым рифом. Эта точка на карте настолько уникальна, что взята под защиту ЮНЕСКО. Остров называется Milaidhoo, и сейчас самое время его посетить. Вперед!

Обвал рынка акций
Выборы президента
Запуск нового производства
Северный поток
Цены на нефть
Газовые войны
Слияние капиталов
Новый глава Роснефти

Второй виток ВЭО
Богучанская ТЭС запущена
Продажа квот
Дошли руки до Арктики
Южный поток
Цены на газ
Северный поток достроили

Ростех создает холдинг для производства импортозамещающих товаров

Ростех создает новый холдинг, который объединит не менее пятнадцати предприятий с компетенциями в сфере химии и нефтехимии. Целью новой структуры станет производство востребованной отечественной продукции для авиационной промышленности, ТЭК, горнодобывающих компаний, медицины и др. отраслей. Холдинг призван заместить изделия известных иностранных производителей.

В состав новой структуры войдут тринадцать предприятий корпорации Росхимзащита,

Государственный научно-исследовательский институт химии и технологии элементоорганических соединений, Институт пластмасс и др. Головной структурой определено объединение Союзхимэкспорт. На базе холдинга планируется организовать новые производства, инвестиции в которые оцениваются в 4 млрд руб.

Переработка на воде

В Китае в эксплуатацию сдан первый в мире «морской нефтеперерабатывающий завод»

«Росатом» запустил в Ставропольском крае Кузьминскую ВЭС мощностью 160 МВт. При строительстве станции, состоящей из 64 ветроэнергетических установок, использовали импортозамещающие компоненты. Первые 100 МВт уже поступили в единую энергосистему страны

Российский морской регистр судоходства и H2 Тех создают первый российский контейнер-цистерну для перевозки жидкого водорода. CryoSafe-42 – это стандартизированная многооборотная тара с экранно-вакуумной изоляцией для временного хранения и транспортировки жидкого охлажденного водорода

Судно M350 способно перерабатывать до 220 тыс. баррелей сырой нефти в день. Проект был разработан компанией Dalian Shipbuilding Industry Co. Судно предназначено для разработки глубоководных нефтегазовых месторождений. Оно может добывать нефть и природный газ, хранить, транспортировать и перерабатывать до 220 тыс. баррелей сырой нефти в день, что эквивалентно заводу по переработке площадью 10 км². Проектный срок службы судна свыше 30 лет. Длина судна составляет 364 м, ширина – 64 м, расчетная высота борта – 33 м, водоизмещение – более 460 тыс. тонн.

МТК Север – Юг расширят

Россия и Иран подписали межправсоглашение о сотрудничестве по финансированию проектирования, строительства

и поставок товаров и услуг для создания железной дороги Решт – Астара на территории Ирана для развития перевозок по международному транспортному коридору Север – Юг. Это сквозная транспортная артерия, которая призвана связать российские порты на Балтике и северных морях с иранскими портами на побережье Персидского залива и Индийского океана.

Между иранскими городами Решт и Астар будет проложена железнодорожная линия протяженностью 162 км, что позволит наладить прямое железнодорожное сообщение по всей протяженности маршрута Север – Юг.

Таким образом будут диверсифицированы глобальные транспортные потоки, перевозки по новому коридору получат конкурентные преимущества: доставка грузов из Санкт-Петербурга в Мумбаи займет около 10 суток (по сравнению с 30–45 сутками сегодня), вырастут объемы грузопотоков.

На строительство Россия выделит межгосударственный кредит в размере 1,3 млрд евро.

Грузооборот железной дорогой после реализации этого проекта составит не менее 15 млн т транзитных грузов в год.

Ловушка для CO₂

China Energy ввела в эксплуатацию крупнейшую в Азии установку по улавливанию углерода. Установка, запущенная на угольной электростанции в г. Тайчжоу, способна улавливать 500 тыс. т углекислого газа в год. Весь улавливаемый углерод может быть утилизирован, соответствующие контракты уже заключены с восемью компаниями.

CHN Energy также реализует пилотные проекты по улавливанию и хранению углерода в стране, которые являются частью усилий Китая по достижению углеродной нейтральности к 2060 г. В Восточном Китае готовится к запуску еще одна установка CCUS мощностью 10 млн т в год. В 2022 г. Синорес ввела в строй крупнейший в стране CCUS на нефтяном месторождении Shengli мощностью 1 млн т в год.

100 судов для СМП

Росатом изучает возможность изменения маршрутов морских нефтеперевозок и перенаправления их из портов Балтики на Северный морской путь. Грузопоток по СМП в 2022 г. составил 34 млн т, что на 2 млн т в год больше плановых показателей,

Госдума РФ одобрила законопроект о ратификации соглашения между правительствами России и Китая о сотрудничестве в сфере поставок природного газа по Дальневосточному маршруту, рассчитанного на 30 лет с продлением на следующие пятилетние периоды. Особо отмечается, что Россия и Китай будут поощрять использование национальных валют при осуществлении расчетов

В Александровске-Сахалинске началось возведение нового комплекса, для строительства которого из Китая прибыло 50 единиц техники. В рамках проекта предполагается создание морского многофункционального комплекса, лесоперерабатывающего комплекса, фабрики угля и тепловой электростанции

в 2023 г. план перевозок по СМП составляет 36 млн т. Эмбарго на поставки российской нефти и нефтепродуктов открыло новое окно возможностей для появления дополнительной грузовой базы на СМП.

По словам главы Росатома, к Севморпути проявляют интерес не только российские компании, но и страны БРИКС и Ближнего Востока. В этой связи прорабатывается участие партнеров из дружественных стран не только в транзите по СМП, но и в развитии инфраструктуры.

Росатом намерен довести количество арктических судов в своем флоте до 100. В эксплуатации находится 30 судов, еще 33 строится, продолжается строительство четырех плавучих атомных электростанций.

Меньше нефти!

По итогам очного заседания в г. Вене ОПЕК+ утвердила квоту на добычу нефти в размере 40,46 млн барр. в сутки с 2024 г., т.е. почти на 1,4 млн барр. меньше, чем в настоящее время. Таким образом, в следующем году добыча суммарно сократится на 1,393 млн барр. в сутки.

Квота России на добычу нефти сокращена до 9,828 млн барр. в сутки, разрешенный уровень добычи на 2023 г. составляет 10,478 млн барр. в сутки. Кроме того, Россия согласилась до конца 2024 г. продлить добровольное ограничение добычи на 500 тыс. барр. в сутки. Саудовская Аравия сможет в 2024 г. добывать столько же нефти, сколько и в 2023 г. – 10,478 млн барр. в сутки.

Однако министр нефти принц А. бен Салман заявил о решении Саудовской Аравии добровольно сократить добычу на 1 млн барр. в сутки. Также квота не изменилась для Алжира, Ирака и Кувейта. Для Анголы она составит на 2024 г. 1,28 млн барр. в сутки, для Конго – 276 тыс. барр. в сутки, для Нигерии – 1,38 млн барр. в сутки. ОАЭ смогут добывать 3,2 млн барр. в сутки, что на 200 тыс. барр. в сутки больше квоты, установленной на 2023 г. ●

На **8,3%**
до **4,42** долл.

Турция увеличит сборы за прохождение судов через Босфор и Дарданеллы с 1 июля 2023 г.

0,8%

составит рост потребления электроэнергии следующей зимой согласно данным Минэнерго РФ

На **2,6%**

снизился экспорт нефти из Азербайджана с начала 2023 г.

Доля нефти в общей структуре экспорта составила **45,42%**

На **26,5%**

Китай увеличил импорт российской нефти с начала 2023 г., СПГ – на **50%**

Распадская планирует нарастить объем добычи угля

до **35** млн т в год

На **1,1%**

снизилась добыча жидких углеводородов в Норвегии

в **3** раза до **20** млн т

СУЭК планирует увеличить поставки угля в Китай в 2023 г.

БОЛЕЕ **60%**

будут занимать нефть, газ и уголь в глобальном энергобалансе к 2050 г.

согласно прогнозам компании Роснедра

До **348,7**

долл./1000 м³

опустилась биржевая цена газа в Европе впервые почти за 2 года

На **11%** до **5,1** млн тонн

выросла добыча нефти в Якутии в 1-м квартале 2023 г.

До конца 2023 г. в республике планируют добыть

18,9 млн т нефти

На **11,9%**

сократились нефтегазовые доходы России за май

Бюджет недополучил **30,6 млрд** рублей

На СПбМТСБ в июне 2023 г. был зафиксирован максимальный за 2,5 года объем торгов газом –

846,2 млн м³

На **6%**

российские НПЗ снизили переработку в мае по сравнению с предыдущим месяцем, в годовом сравнении переработка выросла на **2%**

\$1 млрд

инвестирует Американская Air Products в комплекс по переработке природного газа Uzbekistan GTL, производящего **1,5 млн тонн** синтетического жидкого топлива в год

285,9 млн долл.

составила чистая прибыль Софкомфлота в 1-м квартале 2023 года

7 газовых скважин

с уровнем добычи более

100 тыс. м³

газа в сутки ввел в эксплуатацию украинский Нафтогаз с начала 2023 г.

На **10,15%**

до **235** млрд м³ снизилась добыча газа в России с начала 2023 г.

1 млн т СПГ

выработан на КСПГ Портовая

в **5** раз до **5,45** млн евро

упала прибыль финской дочки ЛУКОЙЛа

16,3 млн тонн

составит квота на экспорт удобрений из России с 1 июня по 30 ноября 2023 г.

ИНСТРУМЕНТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

концептуального проектирования обустройства морских месторождений нефти и газа

СОГЛАСНО ДАННЫМ МИНИСТЕРСТВА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РФ [1], ПО СОСТОЯНИЮ НА КОНЕЦ 2020 ГОДА РАЗВЕДАННЫЕ ЗАПАСЫ ПРИРОДНОГО ГАЗА В АКВАТОРИЯХ РФ СОСТАВЛЯЛИ 15,37 ТРЛН М³ ИЛИ 20,6% ОТ ВСЕХ ЗАПАСОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА РФ. ЗНАЧИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ ЗАПАСОВ ОЦЕНИВАЕТСЯ КАК НИЗКОРЕНТАБЕЛЬНЫЕ, А РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОТКЛАДЫВАЕТСЯ. КАКИЕ РЕШЕНИЯ ПРЕДЛАГАЮТ РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОБУСТРОЙСТВА МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ?

ACCORDING TO THE DATA OF THE MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND ECOLOGY OF THE RUSSIAN FEDERATION [1], AS OF THE END OF 2020, THE EXPLORED RESERVES OF NATURAL GAS IN THE WATERS OF THE RUSSIAN FEDERATION AMOUNTED TO 15.37 TRILLION CUBIC METERS OR 20.6% OF ALL RUSSIAN NATURAL GAS RESERVES. A SIGNIFICANT PART OF THE RESERVES IS CONSIDERED LOW-MARGIN AND THEIR DEVELOPMENT IS POSTPONED. WHAT SOLUTIONS DO RUSSIAN SCIENTISTS OFFER FOR THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF OFFSHORE FIELDS?

Ключевые слова: обустройство морских месторождений нефти и газа, концептуальное проектирование, интегрированные модели, экономическая эффективность, методы оптимизации, поиск глобального оптимума, программное обеспечение для концептуального проектирования.



**Дряхлов
Вячеслав Сергеевич**
аспирант РУДН



**Юшин
Евгений Сергеевич**
доцент РУДН,
к.т.н.

Последние пять лет воспроизводство запасов газа в РФ обеспечивается преимущественно за счет открытий новых газовых месторождений в Карском море. Нетрудно установить, что долгосрочные перспективы газодобычи в России с учетом постепенной выработки запасов ЯНАО на суше будут смещаться в сторону акваторий Карского, Баренцева, Охотского морей. Об этом свидетельствуют и прогнозируемые ресурсы (кат. D₀, D₁, D₂) газа в стране [1] – 87,7 трлн м³ (46,1%) приходится на шельф преимущественно арктических морей РФ.

Существенная часть запасов газа на шельфе РФ в настоящее время относится компаниями-владельцами лицензий к категории «низкорентабельных», по месторождениям не принимаются инвестиционные решения, а геологоразведка откладывается «до лучших времен» или наступления лицензионных обязательств. Такое положение в отрасли морской нефтегазодобычи РФ обусловливается крайне сложными природно-климатическими условиями акваторий, высокими

затратами на ГРП, обустройство и бурение, большим временным лагом между началом ПРБ и началом добычи, высокими ставками дисконтирования, применяемыми компаниями в отношении шельфовых проектов, низким уровнем развития производственной базы РФ в части строительства гидротехнических сооружений и изготовления оборудования подводных добычных комплексов (ПДК) [3].

Зарубежные инжиниринговые компании, привлекавшиеся до 2022 года для проектирования обустройства месторождений с применением ПДК (например, Штокмановского, Киринского и Южно-Кириного ГKM), имеют свои финансовые интересы и лоббируют зачастую не самые оптимальные технические решения с точки зрения заказчика и экономики проекта в целом. В отечественной практике проектирования, технической литературе и периодике малое внимание уделяется проблеме комплексного интегрированного проектирования разработки и обустройства морских месторождений. Проектирование

разработки и обустройства новых морских месторождений в России строится на тех же принципах «линейности», что и проектирование освоения сухопутных месторождений.

Традиционный подход к проектированию заключается в выборе группы экспертов из нескольких смежных технических областей для изучения нескольких реалистичных сценариев разработки и обустройства, выбранных экспертным, опытным путем. Хотя такой подход и может дать разумные варианты разработки и обустройства, он не может гарантировать того, что сочетание этих вариантов приведет к оптимальному решению с точки зрения NPV и IRR проекта. В любом проекте существует потенциал оптимизации технических решений путем поиска оптимального баланса между профилем добычи, затратами и сроками ввода объектов в эксплуатацию.

Между функцией «бурения» и функцией «обустройства» в проектной команде зачастую возникает конфликт, обусловленный тем, что первые стремятся сократить затраты на бурение за счет более свободного размещения скважин и уменьшения суммарной проходки, а вторые – сократить капитальные затраты на обустройство путем уменьшения количества буровых центров и интерфейсов между ними (трубопроводов и шлангокабелей). Для максимизации экономического эффекта проекта необходимо комплексное решение задачи размещения объектов обустройства (платформ, ПДК, трубопроводов и шлангокабелей, береговых комплексов и т.д.) на площади с учетом батиметрии, инженерно-геологических условий и проектирования траекторий стволов скважин с целью максимизации NPV или IRR проекта. Важно отметить, что задача максимизации NPV не сводится только к максимизации добычи «любой ценой» или минимизации капитальных затрат, точка глобального оптимума по NPV всегда находится где-то между этими двумя крайностями.

При определении оптимальной схемы ПДК на этапах концептуального проектирования (предпроектная проработка, поддержка принятия решений по ПРБ, ТЭО) с учетом

особенностей, описанных выше, необходимо проводить многовариантный расчет по критерию максимизации NPV и/или IRR. В многовариантном расчете необходимо рассматривать различные варианты кустовых скважин и организации системы сбора, темпы и последовательность ввода скважин, типы ПБУ, опции частичной подготовки скважинной продукции под водой (процессинг с одной ступенью сепарации, ПДКС) и обеспечения потока во взаимосвязи с влиянием технических решений на профиль добычи.

С учетом комбинаторики, количество вариантов обустройства месторождения зачастую таково, что невозможно вручную произвести расчеты по каждому из них даже с использованием упрощенных математических моделей и зависимостей, необходима автоматизация и алгоритмизация генерирования и расчета сценариев обустройства. В настоящей статье представлен обзор ключевых исследований, разработанных методик и ПО в области автоматизированного концептуального проектирования обустройства морских нефтегазовых месторождений как российского, так и зарубежного авторства. Обоснованный подход к выбору оптимальной схемы ПДК, основанный на многовариантных расчетах, и использование современных технологий подводной добычи потенциально позволит перезапустить экономику многих проектов и вывести их в положительную зону.

Состояние изученности проблемы в России и за рубежом

В регламенте ПАО «Газпром» на составление проектных документов по разработке морских нефтяных, газовых и нефтегазоконденсатных месторождений (СТО Газпром 2-3.7-320-2009) отмечено, что «в процессе обоснования оптимальных технико-экономических решений рекомендуется соблюдение принципа комплексности, который предусматривает взаимосвязь расчетных вариантов разработки месторождения со способами обустройства устьев скважин и прогнозируемой технологической схемой обустройства месторождения» [2]. Этот пункт рекомендует (но не обязывает) использовать интегрированные модели «пласт – скважина – система сбора – УКПГ» на этапе формирования проекта разработки, но не конкретизирует критерий оптимальности технико-экономических решений, а также метод его поиска.

Другой пункт СТО несколько конкретизирует требования к формированию вариантов для ПДК: «При подводном обустройстве устьев скважин с использованием подводных добычных комплексов необходимо сформировать варианты разработки, отличающиеся числом кустов скважин (числом ПДК),



УДК 622:004

ТАБЛИЦА 1. Ключевые работы в области автоматизации концептуального проектирования разработки и обустройства месторождений нефти и газа, рассматриваемые дисциплины и параметры оптимизации

Работа	Метод поиска оптимума	Рассматриваемые дисциплины									Оптимизируемый параметр	Учет ледовых условий
		Разработка	Бурение скважин	Скважинная добыча	Система сбора (ПДК)	Обеспечение потока	Подготовка продукции (подводная)	Платформы / БТК	График реализации проекта	Экономика проекта		
[5]	Линейное программирование	-	+	-	+	-	-	+	-	+	CAPEX, NPV	-
[3]	Ручной перебор	+	+	-	+	+	-	+	+	+	NPV, IRR	+
[4]	Ручной перебор	+	+	+	-	-	-	+	-	+	IRR	+
[18]	Смешанно-целочисленное программирование	+	+	+	-	-	-	+	+	+	NPV	-
[13]	Смешанно-целочисленное линейное программирование	+	+	+	-	-	-	+	+	+	NPV	-
[10]	Экспертная система, мета-эвристический поиск	+	+	+	+	+	-	+	+	+	IRR (ROR)	-
[6]	Смешанно-целочисленное линейное программирование	+	+	-	+	-	-	+	+	+	NPV	-
[12]	Смешанно-целочисленное нелинейное программирование	+	-	-	-	-	-	+	+	+	NPV	-
[16]	Двоичное линейное программирование	-	+	-	+	-	-	+	-	-	CAPEX	-
[17]	Смешанно-целочисленное линейное программирование	+	-	-	+	+	-	-	-	-	NPV	-
[11]	ПО, эволюционный алгоритм	-	-	+	+	+	-	+	-	-	CAPEX	-
[9]	Мета-эвристическая модель, ПО	+	+	+	+	+	-	+	+	+	CAPEX, NPV	-
[15]	Двоичное линейное программирование, MathCAD	-	+	-	+	-	-	-	-	-	CAPEX	-
[14]	Смешанно-целочисленное нелинейное программирование	+	-	-	-	-	-	+	+	+	NPV	-
[8]	Эволюционный алгоритм	+	-	-	+	+	+	-	-	+	NPV	-
[7]	Смешанно-целочисленное линейное программирование, генетический алгоритм	+	+	+	-	-	-	+	+	+	NPV	-

их расположением по площади залежи, количеством скважин в кусте» [2].

Качество формирования ограниченного количества рассматриваемых вариантов разработки и обустройства месторождения при текущих подходах зависит от субъективного фактора – опыта и компетентности проектной команды, уровня взаимодействия и интеграции различных функциональных направлений между собой. Объективные интересы проекта заключаются в рассмотрении и количественной оценке наиболее полного перечня возможных (и целесообразных) сценариев

разработки и обустройства, включая вариативность в:

- количестве, расположении и порядке ввода скважин;
- конструкциях скважин (диаметр, тип заканчивания);
- расположении устьев скважин и организации системы сбора;
- опциях обеспечения потока;
- расположении и технической схеме объектов подготовки продукции;
- графике реализации проекта / строительства объектов обустройства.

В таблице 1 представлены ключевые работы в области

автоматизации концептуального проектирования разработки и обустройства месторождений нефти и газа. Различными авторами задача автоматизации генерации вариантов и поиска оптимума решалась средствами математического моделирования, программирования и использования алгоритмов и методов оптимизации.

Различные работы фокусируются на ограниченном перечне рассматриваемых дисциплин и оптимизируемых параметрах, ввиду чего лишь некоторые из них представляют собой комплексный подход к решению задачи поиска глобального оптимума по всей цепочке проектирования.

В одной из первых работ в области автоматизации концептуального проектирования, в рамках которой используется программирование, J. Sullivan [18] рассматривается решение достаточно узко специфической задачи – оптимизации фонда скважин и загрузки компрессорных мощностей на действующем объекте в Северном море. Оптимизируемым параметром является NPV проекта, метод поиска оптимума – смешанно-целочисленное программирование и использование математических моделей для пласта, скважин, технологического оборудования платформ, графика реализации и экономики проекта. Несмотря на то, что в рамках работы не рассматривается подводный способ обустройства, ее результаты легли в основу множества последующих исследований в области автоматизации проектирования ПДК.

Близкой по содержанию и способу поиска оптимума к [18] является работа R.R. Iyer [13]. С помощью частично-целочисленного линейного программирования авторами создана модель, в которой переменными являются выбор объектов разработки, выбор места расположения платформ и скважин, график бурения скважин и установки платформ, мощности добывающих платформ и дебиты скважин для каждого периода времени. Дебиты моделируются как зависящие от давления, а нелинейность поведения пласта аппроксимируется с помощью кусочно-линейной интерполяции. Ограничения доступности буровой установки в зависимости от природно-климатических условий в течение года также учитываются в модели. Стоит отметить, что предложенный алгоритм не гарантирует нахождения глобального оптимума.

Первая всеобъемлющая работа по автоматизации интегрированного проектирования освоения морских месторождений авторства A.S. Cullick [10] предлагает интегрированную схему взаимодействия между функциями проектной команды, использование экспертной системы, обширных баз технико-экономических данных и мета-эвристического метода поиска. Отдельным достоинством работы [10] является вероятностное моделирование, т.е. рассмотрение

различных сценариев разработки и обустройства для различных вероятностных показателей добычи – P50, P85, P15.

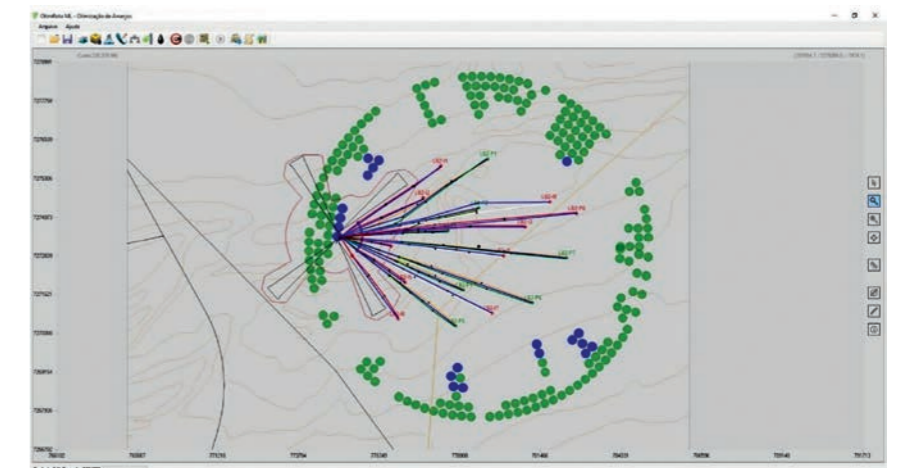
Диссертация G.R. Johansen [6] отличается от других работ тем, что при решении задачи оптимизации разработки и обустройства морского газового месторождения методом смешанно-целочисленного программирования в качестве одной из переменных задается точка сдачи продукции: таким образом моделируется вариативность выбора потребителя продукции по договорной цене или реализации газа на спотовом рынке Европы, при этом делается допущение об отсутствии влияния дополнительного предложения объемов газа на его спотовую цену. Более того, одной из переменных является и транспортная инфраструктура: трубопроводный транспорт или завод СПГ. В Приложении Б диссертации [6] представлен код программы в среде «FICO Xpress Optimization Suite».

В работе V. Gupta [12] предложена методика решения задачи распределения месторождений между технологическими платформами для подготовки продукции, выбора оптимальной мощности технологических комплексов (по нефти, газу и воде), их загрузки во времени и графика бурения скважин с целью оптимизации NPV с помощью многопериодного смешанно-целочисленного нелинейного программирования. В качестве примера в работе рассматривается кейс с подключением 10-ти месторождений к 3-м FPSO.

Работа Thiago Duarte Fonseca dos Santos [11] – одно из первых исследований, где для решения задачи автоматизированного концептуального проектирования, помимо разработанного алгоритма предлагается готовое ПО, включающее визуализацию рассматриваемых технических решений. Решение модели в ПО «OTIMROTA-Multiline» построено на основе эволюционного алгоритма. Сама постановка задачи достаточно узкоспецифична и актуальна только для глубоководных месторождений шельфа Бразилии и западной Африки – оптимальное расположение FPSO и якорной системы удержания относительно известных координат устьев подводных скважин при сателлитной схеме кустования. В настоящее время неизвестно, нашло ли это ПО применение за пределами компании Petrobras, т.к. в открытых источниках, за исключением работы [11], информация о нем отсутствует.

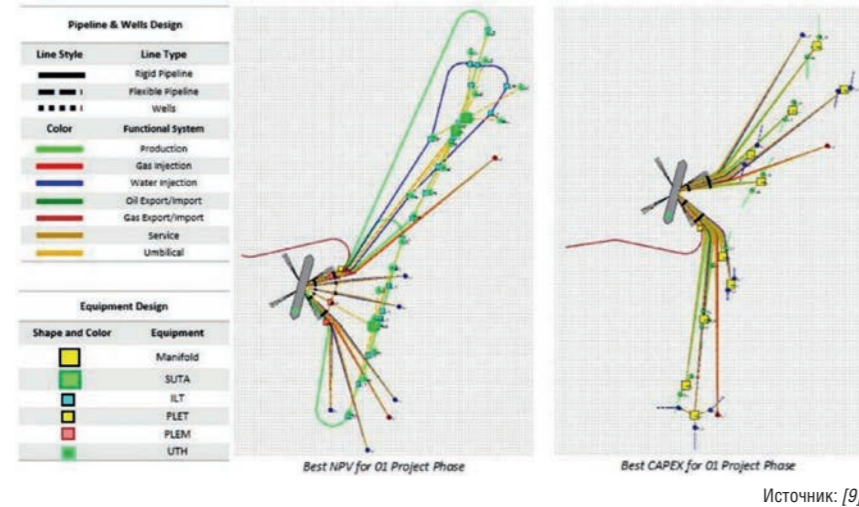
Ряд других работ решает отдельные элементы общей задачи по оптимизации разработки и обустройства месторождений. Так, в работе H. Liu [15] предложено решение задачи трассировки пространственно-искривленной (3D) скважины с помощью кривых Дубинса, в большинстве других работ траектории скважин либо упрощаются до двух прямых участков, либо генерируются в специализированном ПО, либо игнорируется азимутальное направление горизонтального ствола в точке входа в пласт (T1). В работе Almedallah [7] предложено

РИСУНОК 1. Оценка возможных и целесообразных точек расположения FPSO относительно сателлитных скважин с подводным заканчиванием в ПО OTIMROTA-Multiline



Источник: [11]

РИСУНОК 2. Примеры автоматически сгенерированных и оптимизированных схем обустройства с точки зрения оптимизации NPV (слева) и капитальных затрат (справа)



решение задачи оптимизации графика морских операций с учетом погодных условий в море и простоев по погоде методами смешанно-целочисленного линейного программирования и генетического алгоритма.

Наиболее полная и учитывающая практически все дисциплины (за исключением подводного процессинга) работа за авторством L. Basilio [9] предполагает решение задачи автоматической генерации и оптимизации схемы ПДК с использованием специализированного ПО компании Deep Seed Solutions – FLOCO.

Математическая модель FLOCO сочетает в себе возможности не только интегрированного расчета системы «пласт – скважина – система сбора – УКПГ», но и автоматизированную генерацию сценариев обустройства с поиском оптимального по различным критериям (определяются пользователем) с помощью мета-эвристического алгоритма. Преимуществом и недостатком этого ПО (применительно к условиям

шельфа РФ) описаны в следующем разделе.

В России проблематика автоматизации и оптимизации концептуального проектирования обустройства морских месторождений находится в зачаточной стадии, существует всего несколько работ, посвященных этому вопросу.

Работа О.А. Корниенко [5] посвящена выбору оптимального количества, местоположения и конструкции подводных добычных комплексов для заданного проекта разработки месторождения на примере Штокмановского ГКМ. С помощью линейного программирования решается задача оптимального размещения подводных устьев скважин и манифольдов с целью оптимизации капитальных затрат. Сам факт постановки подобной задачи в отрасли является значимым, однако качество предложенного алгоритма с учетом оптимизируемой функции (капитальные затраты), отсутствия учета гидравлической составляющей (влияния на

профиль добычи) и принятых упрощений и допущений не позволяет использовать его на реальных проектах для обоснования выбора оптимальных вариантов обустройства.

Более того, задача минимизации капитальных затрат на обустройство сама по себе не имеет смысла, т.к. инвестиционные решения принимаются на основании критерия максимального IRR и/или NPV при заданной ставке дисконтирования, рассмотрение же суммарной величины капитальных затрат в отрыве от графика реализации проекта не учитывает:

- влияния коэффициента дисконтирования на график капитальных затрат во времени – с точки зрения дисконтированных затрат и NPV проекта затраты на проектирование и закупку МТР оказывают гораздо большее влияние на финансовый результат, чем затраты на бурение и монтаж в море оборудования ПДК/труб/шлангокабелей, т.к. разнесены между собой на несколько лет;
- влияние длины скважин на темпы ввода скважин (т.к. технически невозможно привлечь сколько угодно большое количество ПБУ для разбуривания фонда в один сезон) и профиль добычи соответственно, что оказывает наиболее существенное влияние на NPV.

В диссертации О.А. Корниенко [5] рассматривается также задача выбора оптимальной полки добычи и производительности платформы по газу, однако решается она отдельно и независимо от задачи оптимизации схемы ПДК.

В диссертации В.С. Дряхлова [3] выполнен поиск локального оптимума схемы ПДК с точки зрения NPV и IRR для конкретного

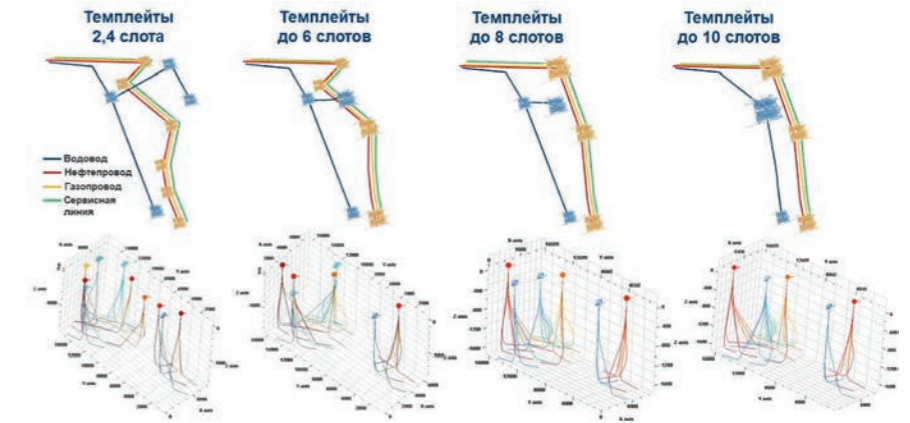
морского нефтяного месторождения с помощью эвристического алгоритма, предусматривающего последовательное рассмотрение и сравнение между собой по критерию NPV:

- схем сбора продукции и обеспечения потока (два коллектора, один коллектор с прямым электрообогревом, сборный + сервисный коллектор, гибридная кольцевая система из сборного коллектора и водовода);
- схем кустования скважин – в темплейтах до 4-х / 6-ти / 8-ми и 10-ти слотов;
- схем организации бурения – с предварительным бурением скважин (pre-drill) и без (базовый график бурения и ввода), с использованием НИС для бурения верхних интервалов скважин и без;
- вариантов заканчивания скважин – одноствольные ГС и одно- и двухствольные МЗГС;
- применения опций оптимизации графика производства работ – например, использование термопластиковых гибких трубных вставок вместо стандартных жестких стальных вставок;
- применения опций частичного подводного процессинга – многофазных насосов для транспорта газожидкостной смеси, однофазных насосов для закачки морской воды в нагнетательные скважины.

Алгоритм и рассматриваемые сценарии из работы [3] могут быть использованы для других проектов, однако не гарантируют нахождение глобального оптимума по NPV. Недостатком работы является то, что изменения в профиле добычи для разных схем кустования скважин и сбора продукции не учитывались, вариация в профилях добычи в модели обусловлена только различиями в графиках бурения и последовательности ввода скважин.

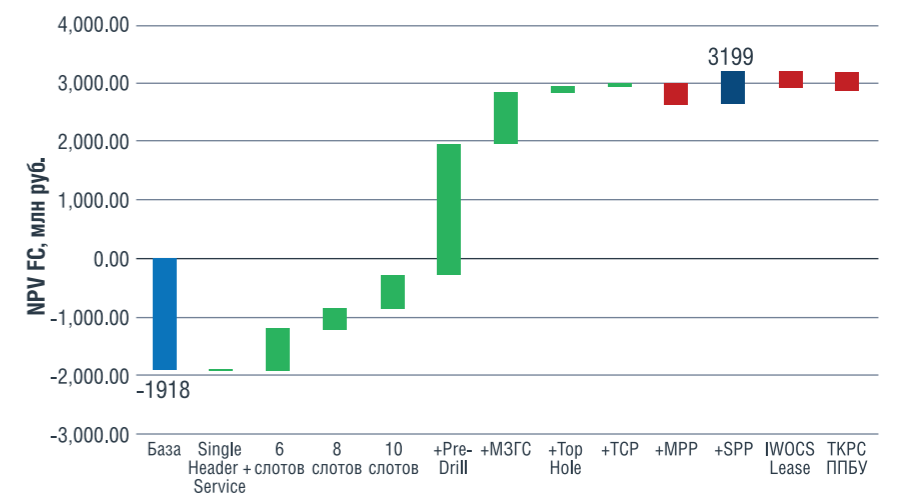
Последняя из работ российских исследователей в области оптимизации проектирования разработки и обустройства морских месторождений – диссертация Захарова А.И. [4]. В рамках работы не представлен какой-либо формализованный алгоритм поиска оптимального варианта разработки и обустройства морского газового месторождения, однако рассмотрено несколько вариантов

РИСУНОК 4. Варианты кустования скважин для определенной системы сбора и обеспечения потока (коллектор с сервисной линией)



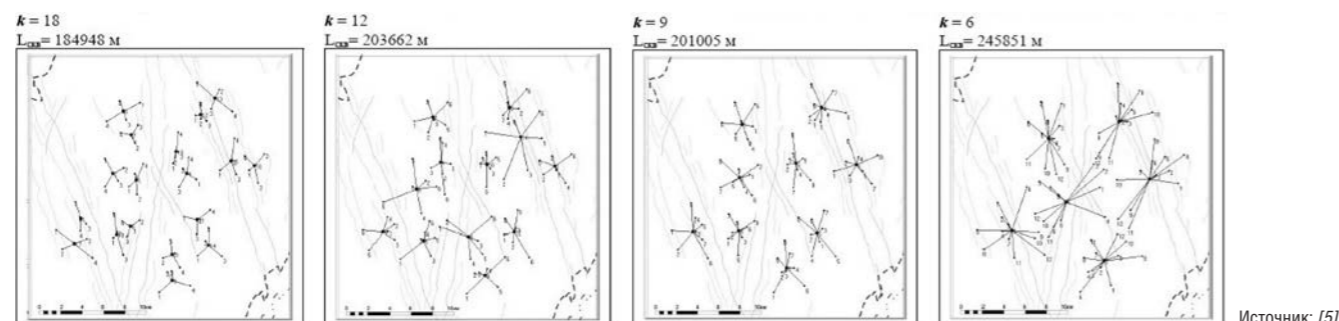
Источник: [3]

РИСУНОК 5. Эволюция NPV проекта (с учетом исторических затрат) в процессе последовательной оптимизации схемы ПДК



Источник: [3]

РИСУНОК 3. Примеры вариантов кустования скважин с подводными устьями в темплейты с различным количеством слотов



Источник: [5]

разработки в их взаимосвязи с мощностями ДКС на платформе и рассчитаны IRR проекта по вариантам.

В диссертации [4] сформулировано несколько важных положений: «При проектировании систем элементов обустройства, технологические показатели разработки залежи месторождения являются исходными данными. Процесс расчета технологических показателей, обоснование состава и количества технологического оборудования является последовательными, где результаты расчета предыдущего элемента являются исходными данными для следующего. При такой концепции проектирования качество проектирования в значительной мере зависит от того, насколько обоснованы варианты, из которых выбирается наиболее предпочтительный

вариант. Существует значительный риск выбора «лучшего варианта из худших» [4]. «Для условий освоения морского месторождения необходимость проектирования процессов добычи, подготовки и транспортировки как единого комплекса является ключевым вопросом. По всей видимости, несмотря на требования регламента (СТО Газпром 2-3.7-320-2009), при проектировании разработки морских месторождений это обстоятельство не учитывается в достаточной степени. Об этом свидетельствует отсутствие взаимосвязи технико-технологических решений в области разработки и обустройства, т.е. проектирование процессов извлечения и подготовки продукции осуществлялось не в едином информационном поле, а последовательно и совершенно отдельно» [4].

Существующие программные комплексы и их применимость к условиям месторождений шельфа РФ

Среди ПО отечественной разработки выделяется «ЭРА:Искра» компании ООО «Газпром нефть Цифровые решения», обладающая функционалом расчета траекторий скважин, сетей сбора (в т.ч. гидравлические и электротехнические расчеты), сухопутных площадных объектов (УПН, УКПГ, БКНС и т.д.), стоимостных параметров и экономики для сухопутных проектов. В текущей версии «ЭРА:Искра» не проводит интегрированный гидродинамический расчет «пласт – скважина – система сбора – УПН», а также не осуществляет автоматизированную генерацию вариантов и поиск оптимальных решений, эта задача по-прежнему возлагается на проектную команду и эвристические методы поиска, т.е. ручной перебор вариантов. В настоящее время адаптация этого ПО для шельфовых проектов

не ведется, также отсутствует информация о потенциальной возможности использования ПО за пределами группы компаний «Газпром нефть». В отечественной ИТ-индустрии для решения рассматриваемых в работе задач можно выделить еще один программный комплекс – «CLS Planner» от независимой компании «Strata Solutions». Эта программа применяется преимущественно в дочерних обществах ПАО «Лукойл». С точки зрения автоматизации процессов концептуального проектирования «CLS Planner» является наиболее продвинутым программным комплексом на отечественном рынке, т.к. выполняет автоматизированную генерацию и оптимизацию раскустовки скважин и трассировку сетей сбора по заданным геологическим целям (T₁–T₃) с учетом топологии и гидравлических расчетов [20]. Как и в ПО «ЭРА:Искра», в ИТ-продукт «Strata Solutions» не интегрируется модель пласта для выполнения интегрированных расчетов показателей добычи, задаются только дебиты/производительности скважин. К недостаткам «CLS Planner» можно

отнести отсутствие на сегодняшний день площадных объектов и расчет экономических показателей только в части капитальных затрат. По информации от проектной команды «CLS Planner» эти вопросы планируется со временем включить в функционал ПО, а его адаптация для шельфовых месторождений возможна при наличии спроса со стороны компаний-недропользователей. Зарубежные ИТ-компании предлагают различное ПО, полезное на этапе концептуального проектирования обустройства как сухопутных, так и морских месторождений, однако лишь некоторые из них предлагают возможности автоматизированной генерации вариантов и поиска оптимального. В отечественных компаниях, занимающихся планированием освоения шельфовых месторождений РФ, до 2022 года широко использовались программные комплексы «QUESTOR» компании «IHS Markit» (ныне входящей в состав «S&P Global») и «ADEPT» компании «Genesis». Эти программные комплексы схожи по функционалу и позволяют на ранней стадии проектирования

РИСУНОК 6. Интерфейс «CLS Planner». Пример автоматической генерации оптимальной раскустовки скважин и системы сбора по критерию минимизации капитальных затрат



Источник: [20]

на основе ограниченного количества исходной информации сформировать варианты обустройства и оценить их ключевые технико-экономические параметры. Стоит отметить, что данные ПО не производят автоматическую генерацию и подбор оптимальных вариантов освоения, лишь предлагают наиболее распространенные решения на основе эвристического алгоритма. Ключевой недостаток их использования при оценке как технических, так и экономических параметров вариантов обустройства шельфовых месторождений РФ – отсутствие в этих программных комплексах баз данных по российскому арктическому шельфу (как технических, так и стоимостных), что приводит к тому, что:

- ряд объектов, таких как ЛСП стальной кессонного типа, попросту невозможно смоделировать в рамках этих программ;
- не учитываются особенности платформ, обусловленные тяжелыми природно-климатическими условиями Арктики – например, потребность в большей плотности армирования железобетонных ОГТ в зоне контакта со льдом;
- не учитывается сезонность различных строительно-монтажных и буровых работ, вызванная ледовыми условиями в акватории;
- отсутствуют данные о производительности и ставках отечественных верфей.

Наиболее продвинутым и отвечающим задачам автоматизации концептуального проектирования морских месторождений ПО является программный комплекс «FLOCO» бразильской компании «Deep Seed Solutions». По заявлениям разработчиков [19] «FLOCO» способен автоматически генерировать, рассчитывать и оптимизировать варианты обустройства, предлагая наиболее оптимальные с точки зрения экономических показателей, определяемых пользователем – капитальные и операционные затраты, NPV, IRR, цена безубыточности и период окупаемости. При этом в ПО реализуется концепция интегрированного проектирования, т.е. учитываются все дисциплины, включая разработку, скважинную

добычу, обеспечение потока. Для технико-стоимостных параметров вариантов обустройства используется облачная база данных «Deep4Share», регулярно обновляемая как разработчиками, так и сторонними компаниями-пользователями. Отдельным преимуществом FLOCO, в сравнении с аналогами, является возможность расчета вариантов обустройства с частичной подводной подготовкой углеводородов (рисунок 7).

Безусловно, для возможности применения «FLOCO» при концептуальном проектировании шельфовых месторождений РФ необходима его доработка в части учета ледовых условий арктических морей и накладываемых ими ограничений, возможности моделирования платформ в арктическом исполнении (железобетонные ОГТ, опорные основания кессонного типа), а также создание и интеграция в ПО технико-стоимостной базы данных по российским шельфовым проектам, выпускаемому в РФ оборудованию, верфям и судам.

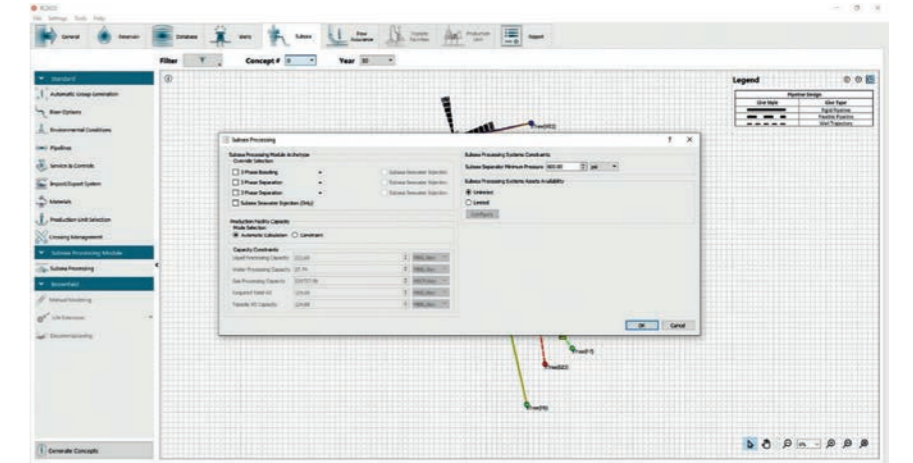
Заключение

Значительное внимание в мире уделяется разработке алгоритмов и программного обеспечения для автоматизированного концептуального проектирования освоения морских месторождений нефти и газа, включая автоматическую генерацию и оптимизацию вариантов обустройства (вместо ручного перебора нескольких вариантов и эвристических методов поиска)

ТАБЛИЦА 2. Ключевое ПО в области автоматизации концептуального проектирования разработки и обустройства месторождений нефти и газа, рассматриваемые дисциплины и параметры оптимизации

Название ПО	Метод поиска оптимума	Суша/шельф	Рассматриваемые дисциплины									Оптимизируемый параметр	Учет ледовых условий
			Разработка	Бурение скважин	Скважинная добыча	Система сбора (ПДК)	Обеспечение потока	Подготовка продукции (подводная)	Платформы/БТК	График реализации проекта	Экономика проекта		
Ingenix Cost Manager (ICM)	Ручной перебор	суша	-	+	-	+	+	-	-	+	+	CAPEX, NPV	-
ЭРА:Искра	Ручной перебор	суша	-	+	+	+	+	-	+	+	+	CAPEX, NPV, EMV	-
CLS Planner	Линейное программирование	суша	-	+	-	+	-	-	-	-	-	CAPEX	-
IHS QUESTOR	Ручной перебор	шельф	-	+	-	+	-	-	+	+	+	CAPEX, NPV	-
Genesis ADEPT	Ручной перебор	шельф	-	+	-	+	-	-	+	+	+	CAPEX, NPV	-
Deep Seed Solutions FLOCO	Мета-эвристическая модель	шельф	+	+	+	+	+	+	+	+	+	CAPEX, NPV	-

РИСУНОК 7. Интерфейс «FLOCO». Модуль «Subsea Processing»



Источник: [19]

и расчет интегрированной модели «пласт – скважина – система сбора – УПН». По мере развития инженерной мысли и совершенствования вычислительных мощностей появились возможности существенной автоматизации рутинных процессов генерации и расчета различных вариантов обустройства, использования больших баз данных, учета большого количества факторов в расчетах и в конечном счете – повышения качества принятия решений на основе многовариантных расчетов. За последние годы иностранными компаниями (в т.ч. находящимися в дружественной юрисдикции) создавалось и совершенствовалось ПО для автоматизации процессов интегрированного концептуального проектирования морских месторождений. Этот опыт необходимо перенимать отечественным проектировщикам и разработчикам ПО.

В отечественной науке существует ряд исследований, посвященных проблеме создания инструментов интегрированного концептуального проектирования для шельфовых месторождений РФ, однако в настоящее время состояние изученности проблемы в России таково, что эти исследования либо предлагают крайне упрощенные математические модели, не учитывающие многие существенные факторы и дисциплины, [4, 5] либо апеллируют к эвристическим методам поиска оптимального технического решения, позволяющим определить только локальный оптимум [3]. Большого развития это направление получило в области сухопутной нефтегазодобычи. Отечественной компанией «Strata Solutions», выпустившей ИТ-продукт «CLS Planner», положено начало автоматизированного концептуального проектирования освоения месторождений в России. Необходимые дальнейшие шаги в области создания инструментов автоматизации концептуального проектирования для шельфовых месторождений РФ:

1. Создание единой актуализируемой и верифицируемой технико-стоимостной базы данных

по реализованным и реализуемым проектам на шельфе РФ, выпускаемым в РФ материалам и оборудованию, верфям и судовладельцам. Для практической реализации данного предложения необходима широкая кооперация между такими компаниями, как «Газпром», «Роснефть», «Лукойл» и «Новатэк», взаимный обмен опытом и информацией, что представляется достаточно проблематичным на практике, учитывая корпоративные процедуры и режимы коммерческой тайны.

2. Разработка математических моделей, алгоритмов и нормативов для расчета технических параметров объектов обустройства месторождений арктического шельфа РФ.
3. Разработка или определение наименее ресурсоемкого метода/алгоритма поиска, исключающего перебор каждой возможной комбинации технических решений при гарантированном достижении глобального оптимума. ●

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2020 году». – Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Роснедра. – Москва, 2021. – 572 с.
2. СТО Газпром 2-3.7-320-2009. Регламент на составление проектных документов по разработке морских нефтяных, газовых и нефтегазоконденсатных месторождений. – Введ. 2009-12-14 – Москва: Газпром экспло, 2009. – 96 с.
3. Дряхлов, В.С. Технико-экономическое обоснование оптимальной схемы подводного добычного комплекса при добыче в замерзающей акватории: дис. маг.: 21.04.01 / В.С. Дряхлов; СПбГУ – Санкт-Петербург, 2021. – 163 с.
4. Захаров, А.И. Совершенствование научно-методических подходов к проектированию разработки месторождений природного газа в условиях арктического шельфа: дис. к.т.н.: 25.00.18 / А.И. Захаров; ВНИИГАЗ – Москва, 2022. – 134 с.
5. Корниенко, О.А. Разработка рациональных методов обустройства углеводородных месторождений арктического шельфа РФ: дис. к.т.н.: 25.00.18 / О.А. Корниенко; ВНИИГАЗ – М.О., пос. Развилка, 2007. – 99 с.
6. Johansen G.R. Optimization of offshore natural gas field development: Master's Thesis / Gaute Rannem Johansen; Norwegian University of Science and Technology. – Trondheim, 2011. – 108 p.
7. Almedallah M.K. Schedule Optimization To Accelerate Offshore Oil Projects While Maximizing Net Present Value in the Presence of Simultaneous Operations, Weather Delays, and Resource

Limitations / M. K. Almedallah, S. Clark, S. D. C. Walsh // SPE Production & Operations. – 2021. – SPE 205521. – 18 p.

8. Arias M.J.C.D. Evolutionary Algorithm to Support Field Architecture Scenario Screening Automation and Optimization Using Decentralized Subsea Processing Modules / Mariana J.C. D. az Arias, Allyne M. dos Santos, Edmary Altamiranda // MDPI, Processes. – 2021, № 9. – 51 p.
9. Basilio L. Integrated design computational model applied to O&G offshore field development / Leandro Basilio, Celso Noronha, Matheus Passos, Debora Calaza, Anderson L. da Nova, Roland Daly // Offshore Technology Conference. – 2018, May. – OTC-28664-MS. – 16 p.
10. Cullick A.S. Optimizing Field Development Concepts for Complex Offshore Production Systems / A.S. Cullick, R. Cude, M. Tarman // Offshore Europe. – 2007, September. – SPE 108562. – 10 p.
11. dos Santos T.D.F. OTIMROTA-Multiline: Computational Tool for the Conceptual design of subsea production systems / Thiago Duarte Fonseca dos Santos, Djalene Maria Rocha, Ladislau Israel Pereira, Juliana Souza Baioco, Carl Horst Albrecht, Breno Pinheiro Jacob // Offshore Technology Conference Brasil. – 2017, October. – 13 p.
12. Gupta V. An Efficient Multiperiod MINLP Model for Optimal Planning of Offshore Oil and Gas Field Infrastructure / Vijay Gupta, Ignacio E. Grossmann // Industrial & Engineering Chemistry Research. – 2012, № 51. – 6823–6840.
13. Iyer R.R. Optimal Planning and Scheduling of Offshore Oil Field Infrastructure Investment and Operations / R. R. Iyer, I. E. Grossmann, S. Vasantharajan, A. S. Cullick // Industrial & Engineering Chemistry Research. – 1998, vol. 37, № 4. – 1380–1396.
14. Lei G. The Use of Mathematical Programming to Determine Optimal Production and Drilling Schedule in an Offshore Oil Field, a Case Study from the Barents Sea / Guowen Lei, Milan Stanko, Thiago Lima Silva, Tom Wider e, Arnjot Skogvang // 40th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering. – 2021, June. – OMAE2021-62697. – 12 p.
15. Liu H. Subsea field layout optimization (Part I) – directional well trajectory planning based on 3D Dubins Curve / Haoge Liu, Tor Berge Gjersvik, Audun Faanes // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2022, № 208. – 11 p.
16. Rodrigues H.W.L. Integrated optimization model for location and sizing of offshore platforms and location of oil wells / H.W.L. Rodrigues, B.A. Prata, T.O. Bonates // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2016, № 145. – 735–741.
17. Rosa V.R. Design Optimization of Oilfield Subsea Infrastructures with Manifold Placement and Pipeline Layout / Vinicius Ramos Rosa, Eduardo Camponogara, Virgilio Jose Martins Ferreira Filho // Computers & Chemical Engineering. – 2017. – 43 p.
18. Sullivan J. A Computer Model for Planning the Development of an Offshore Gas Field / J. Sullivan // JOURNAL OF PETROLEUM TECHNOLOGY. – 1982, July. – SPE 10210. – 1555–1564.

Электронные ресурсы

19. Deep Seed Solutions. FLOCO Software // Режим доступа – URL: <https://deepseedsolutions.com/floco/>
20. Strata Solutions. CLS Planner // Режим доступа – URL: <https://www.stratasolutions.ru/cls-planner>.

KEYWORDS: Offshore oil and gas field development, feasibility study, integrated models, economic efficiency, optimization methods, search for the global optimum, conceptual engineering software.

31 ОКТЯБРЯ – 3 НОЯБРЯ 2023



XII ПЕТЕРБУРГСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГАЗОВЫЙ ФОРУМ

РЕКЛАМА

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР



ПАРТНЕРЫ



ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР



КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1
+7 (812) 240 40 40 (ДОБ. 2626), GF@EXPOFORUM.RU

18+



@GASFORUMSPB

ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ
НА НАШ TELEGRAM-КАНАЛ
И ЧИТАЙТЕ НОВОСТИ
РАНЬШЕ ВСЕХ!

GAS-FORUM.RU

Полная версия журнала
доступна по подписке