ПЛАВУЧИЕ ЭНЕРГОБЛОКИ • ХЛАДОСТОЙКИЕ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ СТАЛИ • МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АРКТИКИ

ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ

Neftegaz.RU OFFSHORE

ISSN 2410-3837

11 [131] 2022

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ

Входит в перечень ВАК

СОВРЕМЕННЫЙ ХИРУРГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР GMS HOSPITAL

GMS
Global Medical System
Hospital

В GMS Hospital применяют программу ускоренного выздоровления хирургического пациента. Fast Track – это целая философия хирургического лечения: от постановки диагноза до полного выздоровления.

Эта программа нацелена на:

01 **быстрое восстановление нормальной саморегуляции организма**

02 **ускорение этапов лечебного процесса**

03 **обеспечение ранней реабилитации пациентов после операций (ERAS)**

Комфортное пребывание

Для нас крайне важен комфорт наших пациентов во время лечения, поэтому мы предлагаем размещение на время лечения в наш стационар класса люкс.

У нас комфортабельные одноместные палаты, и мы рады предоставить вам возможность пребывания вместе с сопровождающим вас близким человеком.

Современное медицинское оборудование и передовые методики диагностики и лечения

3 операционные, оснащенные по лучшим современным стандартам;
Собственная лаборатория, оперативно выполняющая весь спектр необходимых исследований;
Мы работаем 24/7. Круглосуточное отделение интенсивной терапии, КТ, УЗИ, диагностическая служба.

Индивидуальный подход ко всем пациентам

Комплексный мультидисциплинарный подход к лечению — пациента наблюдают не только хирурги, но и врачи других специальностей.

“Оперативное лечение в клинике GMS — это безопасно, надежно и максимально комфортно!”

В GMS HOSPITAL ОКАЗЫВАЮТ КАК ПЛАНОВУЮ, ТАК И ЭКСТРЕННУЮ ХИРУРГИЧЕСКУЮ ПОМОЩЬ ВЗРОСЛЫМ И ДЕТЯМ.

Лечение по направлениям:
хирургия органов брюшной полости, гинекология, ЛОР, травматология и ортопедия, флебология, урология и андрология, малоинвазивная хирургия молочной железы, челюстно–лицевая хирургия и другие специальности хирургического профиля.
Детская хирургия представлена ЛОР–специалистами и травматологами–ортопедами.

В Центре экстренной и плановой хирургии клиники GMS оперируют специалисты, кандидаты и доктора медицинских наук, имеющие большой опыт работы в лучших клиниках Москвы, Европы и США.

99% **экстренных и плановых операций выполняются по современным малоинвазивным технологиям**

«Наш принцип оказания медицинской помощи — это следование международным протоколам, стандартам в диагностике и лечении заболеваний. Для каждого пациента разрабатывается индивидуальный план лечения, учитывающий особенности течения болезни»

Натрошвили Александр Гивиевич

к.м.н.
Медицинский директор GMS Hospital.
Главный хирург клиники.

РЕКЛАМА

Лицензия Л041–01137–77/00344285 | ООО «ДЖИ ЭМ ЭС ХОСПИТАЛ» | https://www.gmshospital.ru/

ПРОКОНСУЛЬТИРУЙТЕСЬ СО СПЕЦИАЛИСТОМ О ВОЗМОЖНЫХ ПРОТИВОПОКАЗАНИЯХ

+7 495 781 5577
Москва, ул. Каланчевская 45

СОДЕРЖАНИЕ

Технологическое обеспечение работ на арктическом шельфе 14

Экспериментально-теоретические исследования ледовой ходкости судов

24

Автономный плавучий комплекс для обеспечения «северного завоза» и инфраструктурных объектов на акватории СМП

32

Перспективы применения российского программного комплекса Anchored Structures для моделирования морских операций с арктическими сооружениями

38

Эпохи НГК 4

РОССИЯ *Главное*

Турецкий гамбит 6

ЕС утвердил восьмой пакет санкций 8

События 10

Первой строчкой 12

СУДОСТРОЕНИЕ

Технологическое обеспечение работ на арктическом шельфе 14

Экспериментально-теоретические исследования ледовой ходкости судов 24

Автономный плавучий комплекс для обеспечения «северного завоза» и инфраструктурных объектов на акватории СМП 32

ЦИФРОВИЗАЦИЯ

Cobalt в реальных условиях. Практика применения и показатели эффективности системы автоматизированной подготовки исполнительной документации 36

Перспективы применения российского программного комплекса Anchored Structures для моделирования морских операций с арктическими сооружениями 38

Россия в заголовках 47

ПЕРЕРАБОТКА

Импортозамещающие катализаторы ООО «НПП Нефтехим»: ликвидация слабых звеньев производственного процесса на российских НПЗ 48

АРКТИКА

Плавучие энергоблоки как комплексное решение для энергоснабжения в Арктике 52

Хладостойкие судостроительные стали и сварочные материалы: вопросы аттестации

54

Инновационные решения для работ на арктическом шельфе

60

Материалы для эффективных низкотемпературных аккумуляторов

70

Торгово-экономическое сотрудничество России и Китая в нефтегазовой сфере в условиях новой геополитической обстановки

94

АРКТИКА

Хладостойкие судостроительные стали и сварочные материалы: вопросы аттестации 54

Инновационные решения для работ на арктическом шельфе 60

Основные направления обеспечения безопасности жизнедеятельности в Арктике 66

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Материалы для эффективных низкотемпературных аккумуляторов 70

ПРОМБЕЗОПАСНОСТЬ

Морские спасательные операции 74

ДОБЫЧА

Влияние волокнистого наполнителя на свойства водонабухающих резин для пакерного оборудования нефтегазодобычи 84

БУРЕНИЕ

Анализ возникновения вибраций в процессе бурения 88

ЭКОНОМИКА

Торгово-экономическое сотрудничество России и Китая в нефтегазовой сфере в условиях новой геополитической обстановки 94

Применение специальных налоговых режимов для экономической оценки освоения Ольховского месторождения 100

Modus Vivendi

Драгоценный сувенир или сертифицированный бриллиант? Выбираем подарок, который войдет в историю деловых отношений 104

От Азии до Средиземноморья: новые тематические бранчи Гранд Отеля Европа 106

Хронограф 107

Новости науки 108

Нефтегаз Life 110

Цитаты 112

ЭПОХИ НГК

2000 лет назад

В 1 веке н.э. электричество, производимое «электрическими» рыбами, использовали для лечения подагры и головной боли, для этого больной прикасался к рыбе и получал мощный разряд тока.

422 года назад

В 1600 году придворный врач Елизаветы I, ученый-физик Уильям Гилберт ввел в широкое обращение термин «электричество».

237 лет назад

В 1785 году Шарль Кулон сформулировал закон, описывающий силу взаимодействия между электрическими зарядами, зависящую от расстояния между ними, спустя 25 лет он изобрел химический источник тока – «Вольтов столб».

191 год назад

В 1831 году Майкл Фарадей заложил основы учения об электромагнитном поле.

168 лет назад

В 1834 году Борис Якоби сконструировал первый в мире электродвигатель с вращающимся электровалом.

148 лет назад

В 1874 году Александр Лодыгин получил патент на лампу накаливания с угольным стержнем, которую он изобрел двумя годами ранее.

143 года назад

В 1879 году Томас Эдисон продемонстрировал систему освещения при помощи электричества.

140 лет назад

В 1882 году в Нью-Йорке была открыта электростанция «Перл Стрит», вырабатывавшая электричество при помощи шести паровых динамо-машин. Электроэнергия использовалась для освещения целого района города.

134 года назад

В 1888 году Никола Тесла получил патент на практическое применение системы двухфазного переменного тока и двухфазного электродвигателя.

87 лет назад

В 1935 году в России функционировало шесть энергосистем с годовой выработкой электроэнергии свыше 1 млрд кВт·ч каждая.

Neftegaz.RU

Издательство Neftegaz.RU

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор
Ольга Бахтина

Шеф-редактор
Анна Павлихина

Редактор
Анастасия Никитина

Аналитики
Артур Гайгер
Дарья Беляева

Журналисты
Анна Игнатьева
Елена Алифирова
Анастасия Гончаренко

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., ФГОБУ 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 РАЕН

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 РАЕН, 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 РАЕН, 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

Neftegaz.RU

Издательство:
ООО Информационное агентство Neftegaz.RU

Директор
Ольга Бахтина

Представитель в Евросоюзе
Виктория Гайгер

Отдел рекламы
Дмитрий Аверьянов
Ольга Щербакова
Валентина Горбунова
Анна Егорова
Марина Шевченко
Галина Зуева
Виктория Мыларщикова

Служба технической поддержки
Сергей Прибыткин
Алексей Лозгачев

Выставки, конференции, распространение
Мария Короткова

Отдел по работе с клиентами
Екатерина Данильчук

pr@neftegaz.ru
Тел.: +7 (495) 778-41-01

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, Благовещенский пер., д. 3, с.1
Тел.: +7 (495) 778-41-01
www.neftegaz.ru
e-mail: info@neftegaz.ru

Подписной индекс МАП11407

Перепечатка 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, предоставленные аналитиками. Ответственность за инвестиционные решения, принятые после прочтения журнала, несет инвестор.

Отпечатано в типографии «МЕДИАКОЛОР»

Заявленный тираж 8000 экземпляров

9 772410 383004

www.tehno-torg.com

Шины

грузовые, крупногабаритные, сверхкрупногабаритные

РЕКЛАМА

Надёжный партнёр на рынке грузовых шин

+7 (4852) 47-60-60
г. Ярославль, Московский проспект , 74

ТЕХНОТОРГ

Российский газ поступает в Турцию по двум МГП

Испания хочет стать газовым хабом для Европы

Строительство газопроводов сопряжено с техническими сложностями

США угрожают Турции санкциями за сотрудничество с Россией

ТУРЕЦКИЙ ГАМБИТ

Анна Павлихина

Кто только не мечтает завязать на себе газовый узел с тех пор, как Европа расфрендила Россию. В июле 2022 г. председатель правительства Испании П. Санчес заявил, что королевство может стать газовым хабом для Европы. Через три месяца у берегов страны из-за нехватки регазификационных терминалов скопились десятки танкеров-газовозов. Заместитель министра нефти Ирана А. Асадзаде заявил, что Иран может использоваться для транзита газа в страны Персидского залива. Но для этого кому-то придется полностью построить транспортную и сопутствующую инфраструктуру. Альтернативой России и Китаю в АТР хочет стать Канада, намеревающаяся поставлять газ в азиатские страны, а также в Европу. И, конечно, Турция. После того, как она ответила согласием на официальное предложение, нюансы стали не важны. Но от того, что на нюансы перестали обращать внимание, они никуда не исчезли.

Создание газового транспортного узла на территории пока дружественной Турции означает стремление продать европейцам скомпрометированный в их глазах российский газ по новым трубопроводам. А значит, первая задача будет заключаться в строительстве новых трубопроводов. Сегодня российский газ поступает в Турцию по двум МГП: «Голубому потоку» мощностью 16 млрд м^3 в год и «Турецкому потоку», мощностью 32 млрд м^3 в год. Последний разделен на две почти равных по объемам перекачки газа нитки. Газ первой предназначен для нужд самой Турции, второй – для поставок в страны Южной и Юго-Восточной Европы. Эти две нитки можно считать частью нереализованного «Южного потока», мощность четырех ниток которого должна была составить 63 млрд м^3, а маршрут планировалось проложить через Черное море от российского до болгарского побережья и дальше на север Европы. Если предположить, что строительство трубопроводов для турецкого газового узла будет основываться на заделах для «Южного потока», то и мощность должна быть не меньше.

Такое строительство потребует современных технических решений и соответствующей технологической оснащенности. В частности, сложности могут возникнуть с подводной укладкой труб. «Турецкий поток» и «Голубой поток» прокладывались судном-трубоукладчиком Audacia на мелководье и Pioneer Spirit в глубоководной части. Оба принадлежат швейцарской Allseas. Есть опыт строительства российскими судами «Северного потока-2». Но Черное море значительно глубже, чем Балтийское, а укладка труб была выполнена в основном судном «Фортуна», предназначенным для работы на небольших глубинах, «Академик Черский» использовался как запасное судно, проложив 19,74 км из 130,78 км.

В последние годы Россия поднаторела в строительстве трубопроводов, и решение подобных проблем, вероятно, найдется. К тому же технические вопросы – меньшее препятствие, чем политические.

Даже при условии, что наряду с одновременной реализацией других дорогостоящих нефтегазовых и ненефтегазовых проектов на постройку трубопроводов смогут найти средства, а российский трубоукладчики справятся с технической стороной дела, что будет дальше? Российский газ потечет по новым трубам прямо в ГТС счастливых европейских покупателей? К слову, газотранспортную систему от турецких границ до своих потребителей и инфраструктуру по приему газа европейские страны должны будут построить самостоятельно.

Эксперты сходятся во мнении, что востребованность российского газа определяется не маршрутом его перекачки, а политической ситуацией и нет никакой разницы, пойдет газ по «Северному потоку-2», будь он цел, или по новым трубам через Турцию, если этот газ – российский.

В свое время, когда отношение к российским энергоносителям было более лояльным, ЕС не дал ход проекту «Южный поток», поэтому вероятность, что его аналог поддержат сейчас, стремится к нулю. Чехия уже обратилась к странам ЕС с просьбой не закупать российский газ, который поступит через трубопроводы нового хаба. Против, конечно, и США, напомнившие Турции о возможных санкциях за сотрудничество с Россией. Кроме того, на строительство трубопроводов уйдет не один год, а газ европейцам нужен сегодня. Вся европейская энергетическая политика построена на том, чтобы свести к минимуму роль углеводородов и год за годом эта зависимость будет снижаться, какой останется доля газа в энергобалансе европейских стран к моменту окончания строительства турецкого хаба? Будет ли она достаточной, чтобы окупить этот проект?

Учитывая риски потенциального спроса и вероятность невозврата инвестиций, руководство «Газпрома» заявляет, что этот проект все равно более привлекателен, чем восстановление поврежденных МГП. Это недальновидность или гамбит? Вероятно, дело здесь не только в трубопроводах, но в возможности формировать цену на газ. Турция уже сейчас завязывает на себе газовые потоки (из России, Азербайджана), а в перспективе может подключить газопроводы из других ближневосточных стран. Дополнительные мощности по перекачке российского газа превратят страну в очень крупный распределительный центр, способный формировать ценовую политику на газовом рынке и диктовать условия всем участникам проекта, включая, конечно, и Россию. ●

ЕС УТВЕРДИЛ ВОСЬМОЙ ПАКЕТ САНКЦИЙ

Анна Игнатьева

Евросоюз утвердил восьмой пакет санкций против России. Он закладывает основу необходимой правовой базы для введения ограничения цен на российскую нефть и нефтепродукты.

Начата имплементация в ЕС соглашения G7 об экспорте российской нефти, запрет ЕС на морской импорт российской сырой нефти полностью сохраняется, ограничение цен, после его введения, позволит европейским операторам осуществлять и поддерживать транспортировку российской нефти в третьи страны, при условии, что ее цена остается на уровне установленного ограничения. Это приведет к сокращению доходов России, но сохранит стабильность мировых энергетических рынков, а также поможет справиться с инфляцией и сохранить стабильные цены на энергоносители в то время, когда высокие издержки, в частности высокие цены на топливо, вызывают большую озабоченность у европейцев. Потолок цен вступит в силу после 5 декабря 2022 г. для сырой нефти и 5 февраля 2023 г. для нефтепродуктов, после дальнейшего решения Совета ЕС.

В восьмой пакет также вошел запрет на импорт товаров на сумму 7 млрд евро. В их число вошли: готовая и полуготовая стальная продукция, произведенная или импортируемая из России, древесная масса и бумага, сигареты, пластмассы, косметика, драгоценные камни и металлы. Также нельзя будет импортировать из России текстиль, транспортные средства, машинное оборудование. Доступ России ограничат к товарам для оборонной сферы и промышленности, технологиям. Будет запрещен экспорт в Россию: угля, электронных компонентов для производства оружия, товаров для авиации, некоторых химических веществ, стрелкового оружия.

Кроме того, расширился перечень персональных санкций. Вводятся дополнительные санкции против государственных компаний. Запрещается оказание им консультационных услуг в области финансов и IT. Под санкции также попадает Российский морской регистр судоходства: транзакции с ним будут запрещены.

Также ЕС предусмотрел новые критерии попадания под санкции, которые позволят ему вводить ограничения в отношении тех, кто помогает обходить санкции.

Санкции должны оставить российскую армию и ее поставщиков без определенных товаров и снаряжения, необходимого для ведения специальной военной операции на Украине, заявили представители Еврокомиссии.

Рейтинги Neftegaz.RU

К 2024 году в России планируют выпустить 25 тыс. электромобилей и построить 3 тыс. зарядных станций для них. Уже осенью этого года смонтируют 500 быстрых зарядных станций в пилотных регионах, в следующем году – еще 970. Найдет ли эта инициатива отклик у потребителей?

Нужны ли регионам России 3 тысячи заправок для электрокаров?

- **15%** Да, пилотные регионы снижают транспортный налог и вводят бесплатную парковку для электромобилей
- **16%** Нет, для путешествий между регионами этой инфраструктуры недостаточно
- **14%** Да, инвесторы получают поддержку на федеральном уровне, а значит, заправок будет все больше, что подтолкнет спрос на электромобили
- **21%** Нет, электрокары – дорогое удовольствие для среднего россиянина
- **11%** Да, в России уже зарегистрировано 22 тыс. электромобилей и спрос будет расти
- **23%** Недостаточно развивать заправочную сеть, надо совершенствовать технологии производства электромобилей и разработать технологию утилизации аккумуляторов

В середине октября биржевые цены на газ в Европе опустились ниже $1400 за 1 м³, согласно данным биржи ICE, снижение составляет 6,3%. Из-за чего цены впервые с конца июня снизились до такого уровня?

Что послужило основной причиной снижения цены на газ?

- **31%** Цена снизилась, так как европейские газовые хранилища заполнены более чем на 90%
- **31%** Еврокомиссия разработала механизм «динамического ценового ограничения для трансакций» на виртуальном хабе TTF
- **12%** ЕС планирует ввести в конце года дополнительную площадку для определения цены на СПГ
- **26%** В начале года российский газ составлял 40% импортируемого Европой газа, сегодня – 7,5%, на снижение цены повлияла диверсификация поставок и покупка газа у других стран

ЖИЛОЙ КОМПЛЕКС БИЗНЕС-КЛАССА
НА ПАВЕЛЕЦКОЙ

VOXHALL

ДОМ, ВДОХНОВЛЯЮЩИЙ
НА СВЕРШЕНИЯ

СКИДКИ ДО 20%

НА КВАРТИРЫ И АПАРТАМЕНТЫ
В ЦЕНТРЕ МОСКВЫ

ЭТАЛОН

VOXHALL.RU

8 495 172 07 87

*ВОКСХОЛЛ, АО «СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ЗАСТРОЙЩИК «КОМПЛЕКТ», ПРОЕКТНАЯ ДЕКЛАРАЦИЯ НА САЙТЕ НАШДОМ.РФ, СРОК ДЕЙСТВИЯ АКЦИИ ДО 30.11.2022 Г. РЕКЛАМА

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

Страны ЕС достигли соглашения по борьбе с энергетическим кризисом

ЕС разрабатывает чрезвычайный механизм по ограничению цен на весь импортируемый газ. Планы предусматривают установление максимальной стоимости, в соответствии с которой европейские страны могут совершать операции. За счет этого планируют оказывать экстренную помощь государствам в условиях резкого роста цен на газ

Лидеры стран ЕС рассмотрели новый пакет мер по борьбе с энерокризисом. Самый спорный момент – установление потолка цен на газ, из предложенного пакета мер исключили. Целиком его утвердить не удалось, но были даны инструкции по дальнейшей доработке предложений.
В частности, от ЕК потребовали не допускать нормирования потребления газа и гарантировать, что будущие меры контроля цен не повлияют на существующие долгосрочные контракты на его поставки. Участники согласились с необходимостью ускорить усилия по сокращению спроса на энергоресурсы, отказу от нормирования, обеспечению безопасности поставок и снижению цен, а также по сохранению целостности единого рынка.
Беспокойство вызвали инициативы по регулированию цен на TTF, по которому индексируются многие газовые контракты, путем введения динамического предела цены, а также планы по введению нового бенчмарка для индексации цен в контрактах, который будет отражать цену сделок с СПГ.
В этой связи поручено оценить последствия планируемых мер для существующих газовых контрактов.

Лидеры стран ЕС поддержали план ЕК по проведению обязательных совместных закупок газа, что поможет экономически менее сильным странам ЕС.

Крупные подземные нефтехранилища могут появиться в Красноярском крае

Первые крупные хранилища нефти в России планируют построить на севере Красноярского края. В солевых отложениях можно строить хранилища вместимостью от 2 до 5 млн т. Потенциалом для такого строительства обладают Восточная Сибирь, Урал и Поволжье, где достаточно солевых емкостей.
На Таймыре развивается проект Восток Ойл компании Роснефть.
В условиях санкций перспективы реализации добытой нефти туманны. Самый эффективный тип хранения нефти – подземные хранилища в соляных кавернах.

Идея их создания начала активно обсуждаться в 2020 г. Российское газовое общество заявило тогда о необходимости создания резервов в объеме 10–20% от годовой добычи. Такие ПХН, объемом хранения 100 млн т нефти, уже построены в США.

Венгрия и Сербия построят нефтепровод

Сербия и Венгрия договорились о сооружении нефтепровода, чтобы получать российскую нефть через МНП Дружба. Нефтепровод будет соединен с нефтепроводом Дружба и позволит Сербии получать более дешевую нефть марки Urals. Сегодня основной объем поступает в страну из Хорватии, однако в будущем это едва ли станет возможным из-за санкций, затронувших морские перевозки топлива. Венгрия получает российскую нефть по южной ветке МНП Дружба, которая идет также на Чехию и Словакию. Единственный крупный в Венгрии Дунайский НПЗ ориентирован в основном на переработку российской нефти. Поставки российской нефти из Венгрии по трубопроводу для Сербии – хороший выход, но проект потребует много времени и средств. Кроме того, существует риск, что ЕС запретит поставки по МНП Дружба, предложив Венгрии компенсацию.

В сентябре доходы России от экспорта природного газа по трубопроводам в ЕС снизились на 1 млрд долл. по сравнению с сентябрем 2021 г., при этом газ в Европе стоит рекордно дорого

Вторая ветка ВСТО
Богучанская ГЭС запущена
Продажа квот
Дошли руки до Арктики
Цены на газ
Южный поток
Северный поток достроили

ОПЕК+ сокращает добычу на 2 млн баррелей

Газпром нефть получила лицензию на Усть-Енисейский участок недр в Карском море, завершив формирование масштабного поискового кластера в Арктике, включающего 29 участков

JMMC рекомендовал ONOMM снизить предельный уровень добычи нефти в рамках соглашения ОПЕК+ на ноябрь на 2 млн барр./сутки по сравнению с августом 2022 г.

Таким образом, август 2022 г. становится новым базовым уровнем, от которого отсчитывается сокращение добычи, ранее отсчитывали от октября 2018 г.
В августе 2022 г. ОПЕК+ решили вернуть на рынок все сокращенные в мае 2020 г. объемы нефти, но достичь разрешенного уровня смогли не все. В сентябре этого года квоты были повышены на 100 тыс. барр./сутки, а в октябре повышение было отыграно назад.

Согласно решению министерской встречи, страны альянса в ноябре и декабре 2022 г. могут добывать 41,856 млн барр./сутки нефти.
10 стран ОПЕК должны снизить добычу на 1,273 млн барр./сутки по сравнению с базовым уровнем, страны не-ОПЕК – на 727 тыс. барр./сутки, в том числе Россия – на 526 тыс. барр./сутки, до 10,478 млн барр./сутки.

Решение по сокращению добычи связано с прогнозом по ожидаемой в 2023 г. рецессии в экономиках ведущих стран-потребителей, замедление развития мировой экономики может привести к сокращению потребления сырья и инвестиций в нефтегазовую отрасль.

Минэнерго РФ изменит долю ВИЭ в энергобалансе России к 2050 г.

Министр энергетики РФ Н. Шульгинов заявил о предполагаемом уменьшении доли ВИЭ в энергобалансе России к 2050 г. Вместо озвученных ранее 12,5%, вероятно, будет реализовано 10%. Министр отметил, что к 2050 г. доля газовой генерации в энергобалансе РФ должна составить 38%, около четверти придется на атомную генерацию, 20% составит гидрогенерация.

Увеличить долю ВИЭ в энергобалансе России до 10% планировали к 2040 г. за счет сокращения угольной генерации с 15 до 7 %. В июне 2022 г. стало известно о переносе конкурса проектов ВИЭ-генерации на 2023 г. Меры государственной поддержки строительства генерирующих объектов на основе ВИЭ, предполагающие возврат инвестиций с гарантированной доходностью, работают до 2024 г., но отборы проектов по программе уже завершены. Период действия второй программы – 2025–2035 гг. Изначально ее объем предполагался на уровне 400 млрд руб., но был сокращен до 350 млрд руб.

Новый шинный завод Татнефти

Гендиректор Татнефти Н. Маганов представил проект KamaTyresKZ президенту Казахстана К.-Ж. Токаеву. Мощность предприятия – 3 млн легковых шин и 500 тыс. грузовых шин диаметром от 15 до 22 дюймов. На втором этапе реализации проекта планируется старт производства резинотехнических изделий.
На третьем – запустят производства шин для сельхозтехники.
На заводе планируют организовать технологию подготовки сырья, приготовление резиновых смесей, сборку сырой шины, а также процесс вулканизации и инспекции качества. В производственном цикле будет задействовано 126 единиц основного технологического и 528 вспомогательного оборудования. ●

ExxonMobil заявила о полном уходе из России после смены оператора проекта Сахалин-1. Доля иностранных участников консорциума (80%, из которых 30% Exxon Mobil, 30% – SODECO, 20% – ONGC) будут находится на балансе российского оператора

40-41 млрд руб.

составили инвестиции НОВАТЭКа в геологоразведку ресурсной базы СПГ-проектов

1,5 года

займет строительство нефтепровода из Венгрии в Сербию для поставок российской нефти из МНП Дружба

Стоимость проекта оценивается в **100 млн евро**

На 40 млн т нефти в год

планирует расширить портовые мощности РФ, необходимые инвестиции – 150 млрд руб.

С 12,5 до 10 %

снизится доля ВИЭ в энергобалансе РФ к 2050 г.

11,5 млрд м³

газа Азербайджан планирует экспортировать в 2022 году в Европу

4 млрд руб./мес.

теряет бюджет РФ из-за снижения добычи на Сахалине-1,

потери бюджета Сахалинской области – **2 млрд руб./мес.**

На 8,6 %

упал экспорт угля из РФ за первые семь месяцев 2022 года

На 360 тыс. барр./сутки

ОПЕК понизила прогноз по росту мирового спроса на нефть в 2023 г.

К 2030 г. Якутия станет производить

в 3 раза

больше энергоресурсов

Добычу угля планируют увеличить до **80–90 млн т**, газа – до **50 млрд м³**, нефти – до **21 млн т**

В Минэнерго планируют расширить управление спросом на электроэнергию

до 4 ГВт

к 2025 г., до 6 ГВт — к 2035 г.

На 48,9 %

по сравнению с прошлым годом, до 6101,4 млн кВт·ч,

увеличили выработку ветряные и солнечные электростанции РФ в январе–сентябре 2022 г.

Молдавия потребила российского газа

на 37,8 %

меньше,

чем за тот же период 2021 г.

22,7 млрд руб.

дополнительных нефтегазовых доходов от оценочного уровня недополучил российский бюджет в сентябре 2022 г.

До 155,6 млн б.н.э.

НОВАТЭК увеличил добычу углеводородов в январе-сентябре, экспорт СПГ компания сократила на 13 %

100 км

составит протяженность газопровода на юге Приморья в 2023 г.

Объем инвестиций – **32 млрд руб.**

742 млн евро

даст Еврокомиссия Румынии на развитие ВИЭ и внедрение систем очистки на ТЭС

На 17 %

упала добыча нефти на Кашагане

30

новых мини-заводов

по производству СПГ появятся в России к 2035 г.

55 млн долл.

получит Украина от США на подготовку инфраструктуры к зиме

Более 200

буровых установок может произвести Россия до 2030 г.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ:

опыт ЦКБ «Коралл» в создании различных типов технических средств и перспективы их применения

Ленский Виктор Федорович
генеральный директор

Махмутов Александр Григорьевич
главный инженер

Ковалев Максим Васильевич
зам. генерального директора по проектированию

Благовидова Ирина Львовна
зам. начальника общепроектного отдела

АО «ЦКБ «Коралл»

УДК 629.06

В СТАТЬЕ РАССМОТРЕН ОПЫТ СОЗДАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА, В ТОМ ЧИСЛЕ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА РФ. ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОВРЕМЕННЫМ КОНЦЕПТУАЛЬНЫМ ПРОЕКТАМ ДЛЯ РАЗВЕДОЧНОГО БУРЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНЫ НАПРАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ПРИ СОЗДАНИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ФЛОТА, ВКЛЮЧАЯ ПЛАВКРАНЫ, СУДА ОБСЛУЖИВАНИЯ И Т.П.

THE ARTICLE CONSIDERS THE EXPERIENCE OF CREATING TECHNICAL MEANS FOR THE CONTINENTAL SHELF DEVELOPMENT, INCLUDING THE ARCTIC SHELF OF THE RUSSIAN FEDERATION. THE ARTICLE ALSO INCLUDES: THE RESULTS OF THE DEVELOPMENT OF THE MAIN TECHNICAL SOLUTIONS FOR MODERN CONCEPTUAL PROJECTS FOR DEVELOPMENT DRILLING; DIRECTIONS AND PROMISING CONCEPTS FOR THE CREATION OF AN AUXILIARY FLEET, INCLUDING FLOATING CRANES, SERVICE VESSELS, ETC

Ключевые слова: *арктические моря, арктический шельф, обустройство месторождений, ледостойкая плавучая буровая установка, ледостойкая СПБУ, ледостойкая погружная буровая платформа, суда обслуживания, плавкраны, трубоукладочное судно, транспортные баржи.*

Освоение арктических месторождений нефти и газа является в настоящее время актуальной и своевременной задачей.

Прежде всего, необходимо уже сейчас вести геологоразведочные работы по теоретически перспективным месторождениям, т.к. в среднем на подготовку месторождения к эксплуатации, особенно в условиях Арктики, тратится от 9 до 12 лет [1]. Для проведения поисково-оценочного и разведочного бурения крайне необходимы различные типы буровых установок, спроектированных и построенных для арктических условий. В дальнейшем возникает необходимость проектирования и постройки стационарных арктических буровых установок для эксплуатационного бурения и добычи нефти и газа.

Одновременно с созданием буровых установок для разведочного и эксплуатационного бурения необходимо создавать флот обеспечивающих судов.

В настоящее время, учитывая санкции и, соответственно, ограничения при покупке и аренде зарубежной техники, все эти задачи необходимо решать на базе собственных сил и разработок РФ.

Центральное конструкторское бюро «Коралл», входящее в состав АО «ОСК», имеет богатейший, более чем 55-летний опыт проектирования плавучих сооружений для освоения шельфа, в том числе и в замерзающих морях. По проектам ЦКБ было построено:

- около 90 плавкранов и крановых судов с кранами грузоподъемностью от 25 до 1600 т (разработан проект плавкрана г/п 2500 т);
- 13 самоподъемных плавучих буровых установок (СПБУ);
- 8 плавучих полупогружных буровых установок (ППБУ);
- морские стационарные платформы для месторождений северной части Каспийского моря (месторождения им. Ю. Корчагина, им. В. Филановского, им. В.И. Грайфера);
- два верхних строения стационарных платформ для южной части Каспийского моря, Балтийского моря;
- 13 верхних строений стационарных платформ и 9 верхних строений блок-кондукторов для Социалистической Республики Вьетнам.

Конкретно для арктических условий по проекту ЦКБ «Коралл» построен и успешно

РИС. 1. Проекты ЦКБ «Коралл»

СПБУ 6500/70 «Бакы»

СПБУ «Арктическая»

СПБУ «Мурманская»

ППБУ 6000/200 «Шельф»

Верхнее строение для Вьетнама

Верхнее строение для Каспия

Стационарные платформы для месторождения Кравцовское (D-6)

Стационарные платформы месторождения им. Ю. Корчагина

Стационарные платформы месторождения им. В. Филановского

Стационарные платформы месторождения им. В.И. Грайфера

эксплуатируется с 2008 г. в Печорском море ледостойкий отгрузочный причал Варандей.

Также ЦКБ участвовало в проектировании бурового и эксплуатационного супермодулей для морской ледостойкой платформы «Приразломная» (Печорское море).

В настоящее время идет разработка проектной и рабочей документации ледостойкой стационарной платформы для освоения месторождения Каменномысское-море в Обской губе и заканчивается стадия ОТР для обустройства месторождения Северо-Каменномысское.

РИС. 2. Реализованные и находящиеся в процессе строительства и проектирования проекты ЦКБ «Коралл» для арктического шельфа РФ

РИС. 3. Проекты ЦКБ «Коралл» для арктического шельфа России

Следует также отметить, что в разные годы были выполнены концептуальные проработки различных типов технических средств для освоения арктического и Сахалинского шельфа (рисунок 3).

В настоящее время на основании накопленного собственного опыта, а также изучения мировых тенденций проектирования специалистами ЦКБ «Коралл» разработано несколько концептуальных проектов платформ для поисково-разведочного бурения в условиях Арктики.

Для первоочередного проектирования и строительства предлагаются следующие сооружения:

- ледостойкая плавучая буровая установка с клиновидным корпусом и турельной системой удержания (толщина льда до 1,5 м, глубина моря – до 600–1000 м в зависимости от типа якорной системы);
- винтеризованная трехопорная СПБУ с цилиндрическими опорами, предназначенными для восприятия ледовых воздействий (ровный лед толщиной 0,6–1,0 м, глубина моря до 80 м);
- ледостойкая погружная буровая установка для круглогодичного бурения (толщина консолидированного слоя тороса – 3 м). Установка состоит из двух частей – стальной гравитационной платформы и железобетонной подставки. Стальная платформа обеспечивает бурение при глубине моря до 30 м, железобетонная подставка может быть различной высоты и обеспечивать работу на глубинах до 60 м.

Буровые установки

Ледостойкая плавучая буровая установка с клиновидным корпусом и турельной системой удержания

Для производства бурения на глубинах моря 70–600 м в суровых ледовых условиях на настоящий момент готовые решения отсутствуют. Существующие буровые суда, полупогружные буровые установки могут работать только в полях битого льда небольшой толщины. Создание технического средства, способного выполнять буровые работы при толщинах льда более 1,2 м, является очень актуальной и своевременной задачей. Для таких платформ сложнейшей задачей является удержание на точке бурения и противодействие внешним нагрузкам, из которых самой значительной является ледовая.

В 2013 г. АО «ЦКБ «Коралл» выполнило в полном объеме концептуальный проект ледостойкой плавучей буровой установки (ЛПБУ) клиновидной формы с турелью, предназначенной для бурения разведочных и эксплуатационных скважин длиной до 8000 м в особо сложных условиях глубоководного арктического шельфа Российской Федерации (рисунок 4). Работа выполнена как составная часть ОКР в рамках федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 гг.».

Предусматривается корпус с ледовыми усилениями на класс Arc6 по Правилам РС, винтеризация установки на условия расчетной температуры до минус 50 °С.

Режим эксплуатации (выполнение буровых работ) – толщина ровного однолетнего льда 1,5 м.

РИС. 4. ЛПБУ судового типа

Основные характеристики ЛПБУ	
длина габаритная, м	111,90
ширина габаритная, м	80,7
длина по КВЛ, м	92,74
ширина по КВЛ, м	60,76
высота борта, м	33,0
осадка по КВЛ (эксплуатационная при 100 % запасов), м	16,0
водоизмещение (осадка 16,0 м), т	43 900
осадка при переходе, м	29 600
число мест в каютах	130

Режим отстоя – толщина ровного однолетнего льда 2,0 м.

На судне предусмотрена 12-точечная система удержания с традиционными длинными провисающими связями и якорями высокой держащей силы.

Место размещения турели в корпусе выбрано оптимальным, как с точки зрения обеспечения флюгирования установки при воздействии внешних нагрузок, так и с точки зрения защиты райзера и якорных линий от воздействия ледовых образований.

В ходе проектирования платформы были проведены модельные испытания в опытовом бассейне, которые показали, что форма корпуса и возможность флюгирования ЛПБУ при любом направлении дрейфа льда обеспечивают значительное уменьшение ледовых нагрузок.

Обеспечена возможность быстрого отсоединения системы позиционирования и самостоятельного ухода с точки эксплуатации при экстремальном ухудшении внешних условий, а также обратного подсоединения.

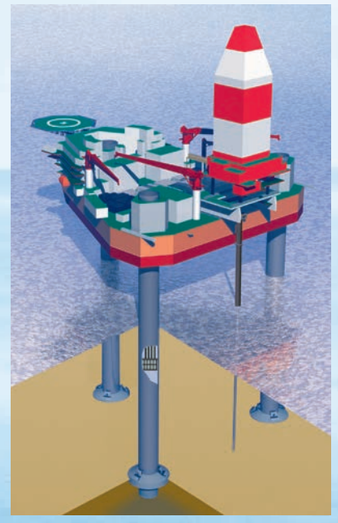
Скорость хода ЛПБУ в свободной ото льда тихой воде достигает ~10 узлов, при толщине льда 1,5 м устойчивая скорость хода ~1 узел.

Самоподъемная плавучая буровая платформа для глубины моря 10 – 80 м

Использование самоподъемных буровых установок в суровых природных условиях морских районов Арктики, в принципе, возможно. В настоящее время продолжается создание концепций СПБУ для ледовых условий, но возможность их круглогодичного применения пока не может быть обеспечена. Для создания по-настоящему ледостойкой СПБУ необходимо решить ряд инженерных задач:

- для транспортировки СПБУ во льдах за ледоколом корпус должен иметь ледовые подкрепления, соответствующие выбранному арктическому классу, но при этом масса корпуса должна быть жестко лимитирована для возможности поднятия над водой;
- опорные колонны СПБУ должны воспринимать ледовую нагрузку, исключать обмерзание и обеспечивать спуск и подъем корпуса при неблагоприятных погодных условиях;
- внешние нагрузки, ледовые и волновые, имеют значительные величины, поэтому необходимо обеспечить устойчивость СПБУ от сдвига и опрокидывания;
- при бурении СПБУ во льдах, на глубинах, исключающих применение блок-кондукторов, требуется защита буровой колонны от ледовых воздействий.

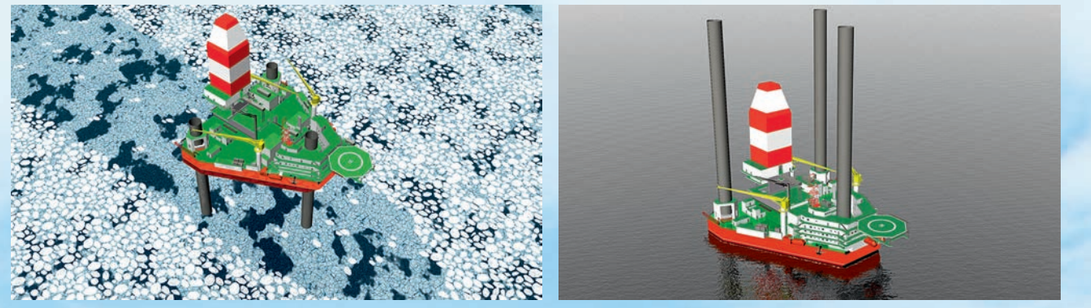
РИС. 5. СПБУ для глубины моря 10–80 м



Эти и многие другие задачи решались АО «ЦКБ «Коралл» во время работы над проектом СПБУ, предназначенной для бурения скважин глубиной 10 000–12 000 м, при глубине моря от 10 до 80 м и наличии ледовых условий.

Для ледостойкой СПБУ самым важным и одновременно сложным является поиск конструктивного решения по опорным колоннам для обеспечения устойчивости СПБУ на грунте. В ходе проектирования выполнен ряд сравнительных расчетов опор различной конструкции: ферменные треугольные опоры со сторонами 12, 16, 18 м, цилиндрические оболочковые диаметром 6, 8, 10 м. В ледовых условиях предпочтительнее опорные колонны цилиндрической формы. В отличие от опор решетчатой конструкции, цилиндрические опоры лучше прорезают лед, меньше подвержены обледенению и могут выдерживать значительную локальную ледовую нагрузку. Но в период открытой воды цилиндрические опоры испытывают волновую нагрузку,

РИС. 6. Ледостойкая СПБУ



которая при определенных условиях может превышать ледовую. Поиск компромисса между нагрузками и конструкцией цилиндрических опор показал возможность их применения для ледовых полей. В результате три ледостойкие опоры специальной конструкции обеспечивают безопасную работу в следующих условиях:

- глубина моря 30 м – толщина ровного льда до 1,0 м;
- глубина моря 60 м – толщина ровного льда до 0,8 м;
- глубина моря 80 м – толщина ровного льда до 0,6 м (битый лед не более 1,2 м).

Ферменные опоры могут обеспечить работу при открытой воде на глубинах моря 100–150 м, но в части ледостойкости с уверенностью можно говорить только о контакте с полем разреженного битого льда.

У СПБУ предусматривается корпус с ледовыми усилениями на класс Arc6 по Правилам РС, винтеризация установки на условия расчетной температуры до минус 50 °С. Осадка в транспортном положении 4,1 м. Глубина бурения до 12 000 м. Размеры понтона L×B×H – 93,6×95,2×12,0 м. Масса – 22 400 т.

Строительство возможно осуществить в течение 3,5–4 лет.

Ледостойкая погружная буровая установка для круглогодичного бурения

В настоящее время вопросы, связанные с проведением поисково-разведочного бурения в круглогодичных ледовых условиях и с расширением диапазона глубин, являются очень актуальными.

Спроектированная ЦКБ «Коралл» буровая установка предназначена для выполнения круглогодичного поисково-разведочного бурения в акваториях с коротким безледовым сезоном или неполным очищением ото льда. Новым конструктивным решением является применение комбинированного сооружения, состоящего из водоизмещающей ледостойкой металлической буровой платформы и железобетонной водоизмещающей подставки, позволяющей расширить диапазон эксплуатационных глубин буровой установки. Важным качеством платформы является ее мобильность, что имеет особую актуальность при проведении разведочного бурения.

Комплекс «стальная БУ + железобетонная подставка» обеспечивает возможность эксплуатации в широком диапазоне глубин (от 8–10 м до 25–30 м самостоятельно БУ и расширение до глубины ~60 м за счет подставки). Глубина бурения до 12 000 м.

Стальная водоизмещающая платформа является самостоятельной частью комплекса и обеспечивается всем необходимым для функционирования в заданный период автономности на глубинах до 25–30 м. Кроме того, водоизмещающая стальная платформа обладает собственной плавучестью, позволяющей выполнять ее буксировку на плаву с установленным верхним строением. При необходимости

РИС. 7. ЛПБУ для круглогодичного разведочного бурения

РИС. 8. Составные части комбинированной БУ

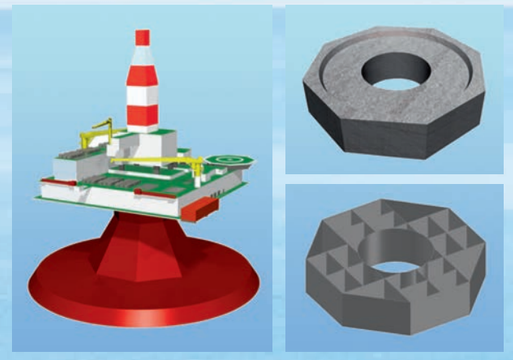


РИС. 9. Схема установки на точку бурения комбинированной БУ

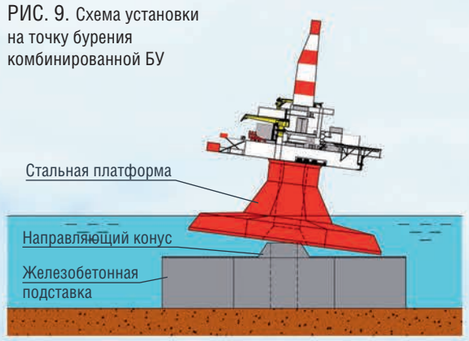


ТАБЛИЦА 1. Основные характеристики платформы

Наименование	Значение	
	БУ	Подставка
Диапазон рабочих глубин, м	От 8–10 до 25–30	До 60
Материал корпуса	сталь	Железобетон
Габаритные размеры, м	110×110	125×125
Масса, т	Около 48 000	Около 120 000
Высота подставки, м	–	30

использования на относительно малых глубинах водоизмещающая стальная буровая установка рассматривается как отдельно функционирующая погружная платформа. Железобетонная подставка представляет собой простую ячеистую симметричную конструкцию с минимальным количеством систем (балластная и грунторазмыва).

Для обеспечения соосности стальной платформы и железобетонного основания при установке на дно используется система, состоящая из направляющего конуса, конструктивно принадлежащего железобетонному основанию, и ответной улавливающей конструкции стальной платформы (рисунок 9). При этом угол между упомянутыми улавливающей конструкцией и направляющим конусом выбран из условия исключения заклинивания с учетом коэффициента трения между поверхностями контакта.

Корпус погружной стальной буровой установки и железобетонной подставки рассчитан на класс Arc6 по Правилам РС.

Винтеризация стальной погружной установки предусмотрена на условия расчетной температуры до минус 50 °С.

Основные характеристики платформы приведены в таблице 1.

Можно отметить, что перспективным является применение предлагаемого комплекса для эксплуатационного бурения на месторождениях с непродолжительным периодом освоения (небольшими запасами углеводородов / небольшим количеством скважин: 1–4).

Выполнение буровых работ в Арктике с помощью ледостойких буровых платформ требует периодического пополнения технологических запасов. Значительная удаленность береговых баз от арктических месторождений ставит задачи по созданию судов и плавучей базы для снабжения буровых платформ.

РИС. 10. Судно снабжения усиленного ледового класса

KM ⍟ Arc 7 [I] AUT1 OMBO FF2WS DYNPOS-2 EPP Supply vessel, special purpose ship	
Главные размерения:	
длина наибольшая, м	99,6
ширина, м	21,3
высота борта, м	12,0
водоизмещение порожнем, т	7165
водоизмещение при осадке по грузовую марку, т	12 035
осадка по грузовую марку, м	8,5
переменные грузы (дедвейт) при осадке по грузовую марку, т	4870
Автономность плавания по запасам топлива, смазочного масла и провизии не менее 30 суток • Комплектация экипажа и производственного персонала • Численность экипажа судна составляет 22 человека. Численность производственного персонала составляет 26 человек • Предусмотрен накопитель для возможного размещения 195 спасательных мест	

Технические средства для обеспечения буровых работ на месторождениях и возможности строительства самих платформ

Судно снабжения усиленного ледового класса

Назначение – круглогодичное проведение операций по обслуживанию и снабжению в арктических и северных морях, а именно:

- обеспечение морских буровых установок расходными материалами;

- контроль ледовой обстановки;
- постоянное дежурство в зоне платформы в качестве спасательного судна;
- ликвидация разливов нефти;
- ликвидация внешних пожаров на плавучих и стационарных нефтяных платформах;
- обеспечение прохода судов до платформ в ледовой обстановке;
- буксировка плавучих буровых установок и других крупных плавучих объектов.

Плавучая база по снабжению и обслуживанию морских буровых установок в арктических морях

В 2016 г. АО «ЦКБ «Коралл» разработан эскизный проект плавучей базы комплексного обеспечения буровых работ, предназначенной для эксплуатации в условиях арктического шельфа. Плавучая база имеет усиленный ледовый класс и предназначена для круглогодичного проведения операций по обслуживанию и снабжению платформ в арктических и северных морях с выполнением следующих задач:

- обеспечение морских буровых установок расходными материалами, оборудованием и комплектующими для буровых работ, строительства, производства и прочих операций, перевозка на грузовой палубе 20- и 40-футовых контейнеров международного стандарта, в том числе рефрижераторных контейнеров;
- контроль ледовой обстановки, проведение работ по раскалыванию или расчистке ото льда (в том числе от ледяной крошки), а также с участием ледокола, либо путем размалывания ледяных масс с помощью лопастей судовых движителей;
- постоянное дежурство в зоне платформы в качестве спасательного судна на протяжении всего ледового сезона с обеспечением мест для размещения персонала, эвакуированного с платформы.

Район эксплуатации – арктические моря.

РИС. 11. Плавучая база по снабжению и обслуживанию морских буровых установок в арктических морях

Класс PC – KM Arc 7 ⍟ AUT2 ICS FF2WS DYNPOS-2 CCO ECO HELIDECK-H ANTI-ICE WINTERIZATION(-40) Supply vessel (OS)	
Главные размерения:	
длина наибольшая, м	149,40
ширина наибольшая, м	28,80
высота борта до верхней палубы на миделе, м	12,0
водоизмещение порожнем, т	15 000
водоизмещение при осадке по грузовую марку, т	26 630
осадка по грузовую марку, м	8,40
переменные грузы (дедвейт) при осадке по грузовую марку, т	11 630
автономность по запасам провизии, сут.	147
скорость хода при 100 % мощности ДРК и полном водоизмещении, уз.	14,0
скорость хода эксплуатационная, уз.	12,0
дальность плавания, миль	4800
количество каютных мест	129
Предусмотрены помещения для возможного размещения и обслуживания 120 спасенных людей	

Трубоукладочное судно

Технический проект трубоукладочного судна для арктических морей был разработан ЦКБ «Коралл» и утвержден в 1993 г.

Можно отметить, что в настоящее время в РФ отсутствуют трубоукладочные суда, предназначенные для работы в сложных климатических условиях на шельфе Арктики. Доработка проекта с использованием современных технологий и практик, а также с учетом более точных данных по возможным условиям эксплуатации такого типа судна, является задачей достаточно перспективной и целесообразной.

РИС. 12. Трубоукладочное судно

Технические характеристики	
длина судна, м	138,0
ширина судна, м	37,2
водоизмещение порожнем, т	16 000
запас труб на судне, т	8360
расчетная скорость прокладки, км/сут	2,0
диапазон глубин моря, м	8...50
диапазон диаметров труб, мм	530...1200

Баржи для строительства морских технических средств

АО «ЦКБ «Коралл» обладает опытом проектирования различного типа барж, участвующих в строительстве морских технических средств.

★ **Транспортно-монтажная баржа «Юрий Кувыкин»** (рисунок 13)

Назначение:

- отгрузка (методом накатки, надвижки, скольжением или грузоподъемными средствами) тяжеловесных крупногабаритных конструкций морских стационарных платформ;
- транспортировка и монтаж верхних строений на опорное основание методом float-over;
- грузоподъемные работы в море.

★ **Уникальная плавсистема, созданная специально для морской операции в Керченском проливе** (рисунок 14)

Плавсистема представляет собой два стальных понтона, соединенных в катамаран. На борту есть дизель-гидравлические станции для автономного электропитания всего оборудования и аппаратура для позиционирования, необходимая для обеспечения точности при погрузке и установке арочного пролета.

Технические средства для обеспечения работ по трассе Северного морского пути

Морская промежуточная вертолетная платформа

Платформа разработана совместно с ЦКБ «Рубин» на основе проектов полупогружных платформ (рисунок 15).

Назначение:

- взлет и посадка вертолетов Ми-38;
- базирование и размещение вертолетов в ангаре;
- проведение необходимого технического обслуживания;
- временное проживание транзитных пассажиров, перевозимых вертолетами и судами для обеспечения бесперебойной доставки экипажей на платформы.

Сервисная полупогружная платформа

Назначение – обслуживание морских газо- и нефтепромыслов в том числе:

- выполнение функций кранового судна с возможностью размещения полезного груза на собственной палубе;
- обеспечение подводно-технических и водолазных работ;
- участие в спасательных операциях при чрезвычайных ситуациях на морских объектах, включая пожаротушение и эвакуацию персонала с аварийных установок.

Плавучие краны

Учитывая необходимость развития портов по всей трассе Северного морского пути – Диксон, Хатанга, Тикси, Певек, порт на Камчатке, потребуется их оснащение самоходными портовыми кранами (рисунок 17).

Для этих целей, по нашему мнению, необходимо построить плавкраны г/п 100–150 т и 400–500 т.

РИС. 13. Транспортно-монтажная баржа «Юрий Кувыкин»

РИС. 14. Плавсистема для морской операции по установке пролетов Керченского моста

РИС. 15. Морская промежуточная вертолетная платформа

РИС. 16. Сервисная полупогружная платформа

Также перспективным направлением является разработка проекта плавучего самоходного крана с малой осадкой, предназначенного для работ на мелководных участках шельфа, в частности в Обско-Тазовской губе.

Учитывая опыт ЦКБ «Коралл» в проектировании и сопровождении строительства плавучих кранов различной грузоподъемности (рисунок 18), можно с уверенностью сказать, что такие проекты вполне реализуемы. Следует отметить, что в настоящее время в филиале «Севастопольский морской завод» АО «Центр Судоремонта «Звездочка» в процессе постройки находятся два плавкрана, спроектированных в ЦКБ «Коралл» – г/п 400 т для Адмиралтейской верфи (г. Санкт-Петербург) и г/п 700 т для АО «ПО «Севмаш»).

Заключение

Для освоения месторождений нефти и газа в Российской Арктике уже в настоящее время требуется создание целого комплекса морских буровых установок, в первую очередь для поисково-разведочного бурения, а также обслуживающего морского флота, необходимого для успешной эксплуатации месторождений.

Предлагаемые в данной статье средства для разведочного бурения могут обеспечить производство работ во всем диапазоне глубин арктического шельфа РФ.

Работа АО «ЦКБ «Коралл» над проектом ледостойкой СПБУ продолжается, текущие наработки показывают потенциальную осуществимость этой идеи. Построенных ледостойких СПБУ в мире пока не существует, а потребность в таких платформах со временем будет только увеличиваться, подчеркивая перспективность данного направления. Проект ледостойкой плавучей БУ является перспективным для освоения глубоководных месторождений арктического шельфа (диапазон глубин 70–400 м, а при необходимости и более), включает инновационные решения, не имеет прямых аналогов в мире, при этом строительство платформы является вполне осуществимым в современных условиях на российских предприятиях. Проект ледостойкой погружной БУ перспективен для глубин до 60 м. С одной стороны, в настоящее время в мире отсутствуют мобильные БУ для круглогодичного разведочного бурения для глубин, превышающих 30 м, а с другой – на таких глубинах расположены наиболее перспективные месторождения.

Для обслуживания месторождений всегда необходимы вспомогательные

РИС. 17. Акватория Северного морского пути

РИС. 18. Плавкраны, построенные по проектам ЦКБ «Коралл»

п/к «Севморнефтегаз»

п/к «Богатырь»

п/к 400 и 700 тонн

к/с «Газшельф»

п/к «Витязь»

п/к «Севастополец»

суда различного назначения. В портфеле ЦКБ «Коралл» находятся несколько проектов перспективных к созданию такого типа судов.

Учитывая опыт «Северного потока-2» в части применения санкций и отсутствие отечественных трубоукладочных судов для арктических морей, доработка существующего отечественного проекта представляется целесообразной и необходимой.

Опыт развития современного плавкраностроения показывает возросшую необходимость в проектировании и строительстве плавкранов – в настоящее время для нужд ВМФ строятся 14 плавкранов г/п 100 т. Для освоения Северного морского пути и создания по его трассе портов также потребуются плавкраны различной грузоподъемности – 100–150 т и 400–500 т. Перспективным направлением также является создание плавкрана для выполнения различного типа работ в Обско-Тазовской губе.

В целом можно отметить, что на основе многолетнего и разностороннего опыта ЦКБ «Коралл» по созданию различных типов технических средств, в том числе и для арктических условий, а также имеющейся наработанной базы в виде предпроектных, концептуальных, технических и рабочих проектов, проектирование и строительство вышеперечисленных объектов является практически освоенной и реализуемой задачей. Дело остается за малым – желанием российских нефтегазовых компаний проектировать и строить необходимые объекты в России, а не закупать или брать их в аренду за рубежом, что особенно актуально в текущий момент.

В России можно успешно проектировать всю номенклатуру средств освоения шельфа. По проектам ЦКБ «Коралл» построены первые в Российской Федерации стационарные платформы (буровая и жилая платформы для месторождения Кравцовское в Балтийском море), СПБУ «Арктическая». С 2001 года по проектам ЦКБ уже построен и успешно работает 21 объект. Также возможностями проектирования средств освоения шельфа обладают и другие конструкторские бюро Российской Федерации.

Представленная информация показывает на конкретных примерах наличие инженерного потенциала в России для создания ледостойких стационарных и плавучих буровых установок и средств их обслуживания в Арктике, а также их реализации на строительных площадках РФ.

Литература

1. *Жданеев О.В., Фролов К.Н., Коныгин А.Е., Гехаев М.Р. Разведочное бурение на арктическом и дальневосточном шельфе России // Арктика: экология и экономика. – 2020. – № 3 (39) – С. 112–125. – DOI: 10.25283/2223-4594-2020-3-112-125.*
2. *Амосова Н.В., Благовидова И.Л., Иванова О.А, Пьянов А.В., Тертышникова А.С. Погружная комбинированная буровая установка для круглогодичного бурения в арктических условиях. Судостроение, 2021. – № 4. – С. 29–33.*
3. *«40 лет ЦКБ «Коралл», «Создание морских плавучих кранов и средств освоения шельфа», 2006 г. – 468 с.*
4. *Blagovidov L.B., Blagovidova I.L., Kovalyov M.V., Kolchenko L.V., «Ice-resistant turret-based mobile drilling unit with the wedge-shaped hull approximating ship form (wedge-shaped ship)», Proceedings of the ASME 2013 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE2013, issued in, Nantes, France, 2013.*
5. *Kovalyov M.V., Blagovidova I.L., Kolchenko L.V., Blagovidov L.B., Dobrodeev A.A., Sazonov, K.E., Klementyeva N.Y., «Model testing of turret-based drill ship in ice conditions», Proceedings of the ASME 2013 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE2013, issued in, Nantes, France, 2013.*
6. *Амосова Н.В., Благовидова И.Л., Тертышникова А.С., Иванова Н.С. Анализ исходных данных для проектирования морской буровой установки для разведочно-поискового бурения на арктическом шельфе // Гидротехника. – 2021. – № 4 (65). – С. 15–17.*
7. *М.В. Ковалев, И.Л. Благовидова, А.С. Тертышникова, А.А. Добродеев, К.Е. Сазонов. Перспективная плавучая установка для разведочного бурения в арктических морях // Морской вестник. – 2020. – Специальный выпуск № 1 (14). – С. 31–33.*
8. *В.В. Руденко, И.Л. Благовидова, А.В. Пьянов, Н.С. Дьячук. Опыт проектирования и проведения морских операций при строительстве оффшорных объектов // Морской вестник. – 2020. – Специальный выпуск № 1 (14). – С. 41–45.*

KEYWORDS: *arctic seas, arctic shelf, field development, ice-resistant floating drilling rig, ice-resistant SPBU, ice-resistant submersible drilling platform, service vessels, floating cranes, pipe-laying vessel, transport barges.*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ледовой ходкости судов

УДК 629.124.791

АРКТИЧЕСКИЙ РЕГИОН ОЧЕНЬ БОГАТ ПОЛЕЗНЫМИ ИСКОПАЕМЫМИ. ИДЕТ АКТИВНОЕ ОСВОЕНИЕ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ. НО ТАКЖЕ ТРЕБУЕТСЯ ФОРМИРОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ. АКТУАЛЬНОЙ ЯВЛЯЕТСЯ ТРАНСПОРТИРОВКА НЕФТИ И ГАЗА С АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА ПО СЕВЕРНОМУ МОРСКОМУ ПУТИ В РАЗЛИЧНЫХ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ. ВОЗНИКАЕТ НЕОБХОДИМОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАТЬ ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РЕЙСОВ, ИССЛЕДОВАТЬ ЛЕДОВУЮ ХОДКОСТЬ СУДОВ В РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ДВИЖЕНИЯ ПРИ КРУГЛОГОДИЧНОЙ НАВИГАЦИИ. ПОКАЗАНО, ЧТО ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛЕДОВОЙ ХОДКОСТИ СУДОВ ИСПОЛЬЗУЮТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОПЫТОВОМ БАССЕЙНЕ И РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДИКИ (ЭМПИРИЧЕСКИЕ ИЛИ ПОЛУЭМПИРИЧЕСКИЕ). ПРИВЕДЕНЫ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЧИСТОГО ЛЕДОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ СУДОВ В БИТЫХ И СПЛОШНЫХ ЛЬДАХ, СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ НАБЕГАМИ В СЛОЖНЫХ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ. ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЗВОЛЯЮТ ПРОГНОЗИРОВАТЬ ХОДКОСТЬ ЛЕДОКОЛОВ И СУДОВ ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

THE ARCTIC REGION IS VERY RICH IN MINERALS. ACTIVE DEVELOPMENT OF THE ARCTIC ZONE IS UNDERWAY. THE FORMATION OF A LOGISTICS SYSTEM IS REQUIRED. TRANSPORTATION OF OIL AND GAS FROM THE ARCTIC SHELF ALONG THE NORTHERN SEA ROUTE IN VARIOUS ICE CONDITIONS IS RELEVANT. THE NEED TO PREDICT THE TIME OF VOYAGES, TO STUDY THE ICE PROPULSION OF SHIPS IN VARIOUS ICE CONDITIONS DURING YEAR-ROUND NAVIGATION ARISES. STUDIES IN THE EXPERIMENTAL BASIN AND CALCULATION METHODS (EMPIRICAL OR SEMI-EMPIRICAL) ARE USED TO PREDICT THE ICE PROPULSION OF SHIPS, AND THIS IS SHOWN IN THE ARTICLE. MATHEMATICAL MODELS OF PURE ICE RESISTANCE DUR-ING THE MOVEMENT OF SHIPS IN BROKEN AND SOLID ICE, THE AVERAGE SPEED OF MOVEMENT BY RAIDS IN DIFFICULT ICE CONDITIONS ARE GIVEN. THE PRESENTED RESEARCH RESULTS MAKE IT POSSIBLE TO PREDICT THE ICE PROPULSION OF ICEBREAKERS AND ARCTIC SHIPS AT THE DESIGN STAGE

Ключевые слова: *транспортировка нефти и газа, Северный морской путь, ледовые условия, ледоколы, суда ледового плавания, исследования и прогноз ледовой ходкости судов, математические модели ледового сопротивления и скорости движения, экспериментальные исследования.*

Калинина Надежда Викторовна

и.о. заведующего кафедрой «Кораблестроение и авиационная техника», Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, к.т.н., доцент

Арктический регион очень богат нефтью, газом и другими полезными ископаемыми. В настоящее время здесь добывается десятая часть общемировых объемов нефти и четверть – природного газа. Идет активное освоение арктической зоны. На российском Крайнем Севере сосредоточено 80 % всей арктической нефти и практически весь газ [7].

Россия имеет технологии, позволяющие добывать углеводороды в Арктике. К 2050 году примерно 30 процентов всех углеводородов будет добываться в Арктике. Но также требуется формирование логистической системы. При изменении климата период навигации в арктической зоне будет увеличен, а Северный морской путь будет использоваться гораздо интенсивнее, и это экономически целесообразно [8].

Но при этом необходимо прогнозировать время выполнения рейсов, так как суда в ледовых условиях движутся медленнее, чем в чистой воде.

В Арктике себестоимость разведки, добычи, возведения инфраструктуры существенно выше, чем в других регионах. Это связано с климатическими условиями, с удаленностью, со сложностью мобилизации ресурсов, с логистикой. Транспортировка нефти и газа по Северному морскому пути позволит снизить их себестоимость, но для этого необходим флот, который обеспечит круглогодичную навигацию. Ледовые условия, в которых эксплуатируются суда, разнообразны. Постоянно возникают сложные ситуации при проводке судов из-за дефицита ледоколов. Поэтому вопросы исследования и прогнозирования ледовой ходкости судов ледового плавания и ледоколов в сложных ледовых условиях при круглогодичной навигации остаются актуальными.

Для прогнозирования ледовой ходкости судов используют экспериментальные исследования, а также расчетные методики (эмпирические или полуэмпирические).

Движение судов неарктического ледового класса по СМП осуществляется в весенне-летний период преимущественно в природных мелкобитых льдах или в канале битого льда при проводке ледоколов в осенне-зимний период. Для прогнозирования скорости движения в битом льду различной толщины и сплоченности имеются методики расчета сопротивления [3].

Чистое ледовое сопротивление битого льда можно рассчитать эмпирическим методом В.А. Зуева [3] для различной толщины льда и сплоченности:

$$R = \rho_л g B h^2 \left(0{,}13\frac{B}{h} + 1{,}3Fr_h + 0{,}5Fr_h^2\right)\overline{s}^2(2-\overline{s}), \quad (1)$$

где $\rho_л$ – плотность льда, т/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; B – ширина ледокола, м; h – толщина льда, м; $Fr_h = v/\sqrt{gh}$ – число Фруда по толщине льда; v – скорость движения, м/с; $\overline{s}$ – функция сплоченности льда в канале. Метод (1) настроен на суда неарктического ледового плавания, среднего водоизмещения и не учитывает форму корпуса.

Из полуэмпирических методов для прогнозирования чистого ледового сопротивления битого льда в Нижегородском государственном техническом университете им. Р.Е. Алексеева (НГТУ) разработан метод Н.В. Калининой [3]. При движении ледокола в собственном канале битого льда чистое ледовое сопротивление складывается из: импульсного сопротивления R_1, обусловленного потерей кинетической энергии судна при ударах о льдины; диссипативных сил сопротивления R_2, связанных с рассеиванием энергии движущегося судна, которые можно представить в виде суммы двух слагаемых: диссипативной составляющей, возникающей вследствие сопротивления воды раздвиганию льдин и диссипативной составляющей, обусловленной трением льдин друг от друга; сопротивления R_3, обусловленного притапливанием и поворачиванием льдин:

$$\begin{gathered} R = R_1 + R_2 + R_3 = \\ = k_{ид}\left(c_и \rho_л h \frac{B}{2} v^2(\Phi_и + f\Phi_{ит}) + c_г \rho v^2 h \frac{B}{2}(\Phi'_г + f\Phi'_{гт})\right) + \\ + k_п(\rho - \rho_л) g h b B(\Phi'_п + f\Phi'_{пт}); \end{gathered} \quad (2)$$

$$\Phi'_г = \frac{2}{B}\int_{L_{ВЛ}} n_x^3 \mathrm{d}L_{ВЛ};\ \ \Phi'_{гт} = \frac{2}{B}\int_{L_{ВЛ}} n_x^2\sqrt{1-n_x^2}\,\mathrm{d}L_{ВЛ};$$

$$\Phi'_п = \frac{2}{B}\int_{L_{ВЛ}} n_z n_x \mathrm{d}L_{ВЛ};\ \ \Phi'_{пт} = \frac{2}{B}\int_{L_{ВЛ}} n_z\sqrt{1-n_x^2}\,\mathrm{d}L_{ВЛ},$$

где $c_и$ – безразмерный коэффициент, учитывающий присоединенные массы воды в составе импульсного сопротивления льдин, $c_и = 1 + \frac{0{,}068}{h\alpha}\frac{\rho}{\rho_л}$; v – скорость судна; $c_г = 2$ – коэффициент гидродинамического сопротивления при раздвигании льдин; ρ, $\rho_л$ – плотность воды и льда, т/м³; b – средняя протяженность обломков льда, зависящая от его толщины, как показывают наблюдения, она определяется изгибом пластин на упругом основании и приближенно может быть принята из соотношения $b\alpha$ = 0,312; $\alpha = \sqrt[4]{\rho g/d}$ – параметр изгиба пластины на упругом основании; $d = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$ – цилиндрическая жесткость ледяной пластины; f – коэффициент трения льда о корпус судна; μ – коэффициент Пуассона льда; E – модуль упругости, кПа; n_x, n_z – направляющие косинусы внешней нормали к обшивке судна с продольной Ox и вертикальной Oz осями; φ_1, φ_2, φ_3 – углы наклона батокса к горизонту, ватерлинии к диаметральной плоскости и шпангоута к вертикали в некоторой точке судовой поверхности; $\varphi_{1ф}$, $\varphi_{2ф}$, $\varphi_{3ф}$, $n_{хф}$, $n_{zф}$ – углы и направляющие косинусы на форштевне в районе действующей ватерлинии; α-d-ρ, $\rho_л$, $\rho_{сн}$ – плотность воды, льда и снега, т/м³; $k_п$ = 0,70, $k_{ид}$ = 1,38 – эмпирические коэффициенты, компенсирующие неточности теоретической модели сопротивления и настроенные на натурные экспериментальные данные; n_x, n_z – косинусы углов между нормалью к обшивке в месте контакта с продольной и вертикальной осями соответственно, которые однозначно связаны с углами наклона батоксов φ_1, ватерлиний φ_2 и шпангоутов φ_3.

Полуэмпирическая модель сопротивления (2) учитывает не только главные размерения судов, но и форму корпуса, физико-механические характеристики льда. Форма корпуса учтена путем введения в расчетные модели интегральных функций геометрии $\Phi_и \ldots \Phi'_{пт}$, которые получены из рассмотрения взаимодействия корпуса судна с битым льдом по длине ватерлинии $L_{ВЛ}$ [3] и различны для переднего и заднего хода.

В качестве примера продемонстрированы расчеты сопротивления по приведенным методикам (1) и (2) для арктического танкера проекта Р-70046 «Михаил Ульянов» дедвейтом 70 тыс. тонн (рис. 1, 2, 3, 4).

Основные характеристики танкера (рис. 1): длина по КВЛ $L_{КВЛ}$ = 232,8 м; ширина судна B = 35,00 м; осадка T = 13,90 м; мощность главных двигателей N = 18530 кВт.

Физико-механические характеристики льда, воды приняты среднестатистические: плотность воды ρ = 1,025 т/м³; плотность льда $\rho_л$ = 0,9 т/м³; коэффициент Пуассона μ = 0,33; модуль упругости $E = 5 \cdot 10^6$ кПа.

РИС. 1. Арктический танкер проекта Р-70046 «Михаил Ульянов»

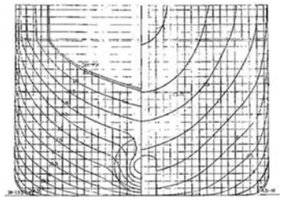


РИС. 2. Кривые чистого ледового сопротивления при движении в битом льду танкера пр. Р-70046 «Михаил Ульянов» (метод Зуева В.А., $\bar{s}$ = 0,6)

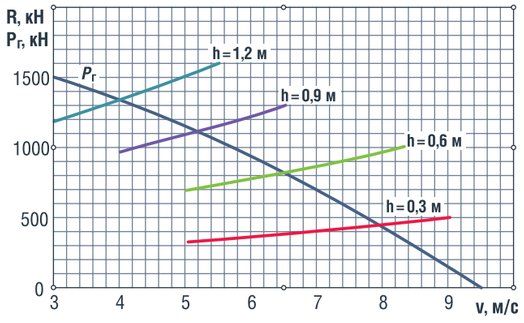


РИС. 3. Кривые чистого ледового сопротивления при движении в битом льду танкера пр. Р-70046 «Михаил Ульянов» (метод Калининой Н.В.)

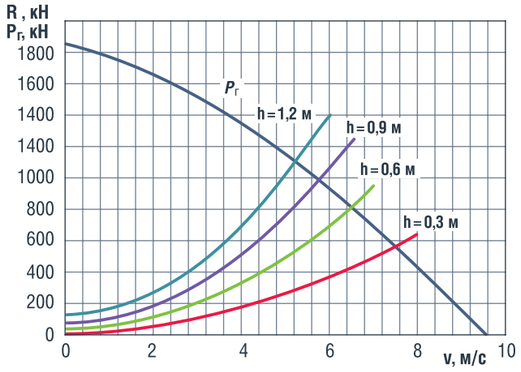
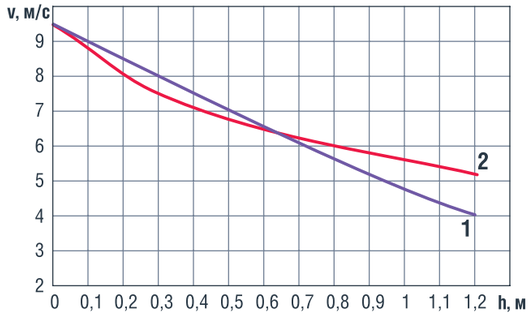


РИС. 4. Кривые ледопроходимости при движении танкера пр. Р-70046 «Михаил Ульянов» в битом льду: 1 – метод Зуева В.А. ($\bar{s}$ = 0,6); 2 – метод Калининой Н.В.



Коэффициент трения льда о наружную обшивку f = 0,13 приняты по результатам экспериментальных исследований влияния состояния ледяного покрова на ходкость судов [3] для свежевыпавшего сухого снега.

Тяга ледокола на гаке аппроксимирована выражением [3, 4]:

$$P_г = P_ш\left[1 - 0{,}4\left(\frac{v}{v_0}\right) - 0{,}6\left(\frac{v}{v_0}\right)^2\right],$$

где $P_ш$ – тяга ледокола на швартовых, кН; v – скорость ледокола в текущий момент времени, м/с; v_0 – скорость движения на чистой воде при заданной мощности, м/с. Достижимая скорость судна v определяется из совместного решения уравнений $P_г = R$, где $P_г = P_е - R_в$ – тяга на гаке (называемая по аналогии с буксирами), определяется как разность между полезной тягой движителей $P_е$ и сопротивлением воды $R_в$ при данной скорости движения.

На рис. 4 представлены кривые ледопроходимости танкера при движении в битых льдах, полученные разными методами (1) и (2).

При прогнозировании ледовой ходкости судов используют модельный эксперимент, поскольку проведение натурных испытаний является сложным и дорогостоящим мероприятием.

Сложность при проведении модельного эксперимента заключается в создании таких условий, при которых полученные результаты можно было бы пересчитать на натурный объект.

В НГТУ имеется открытый ледовый бассейн для проведения испытаний судов в ледовых условиях. Испытания моделей можно проводить при движении в чистой воде, в битом и сплошном льду. Размеры бассейна следующие: длина 15,6 м; ширина 1,60 м; глубина 0,80 м. Опытовый бассейн оборудован гравитационной системой буксировки.

Модель битого льда представляет плитки из полиэтилена высокого давления необходимых толщин и размеров в плане. Эти испытания не требуют искусственного или естественного холода и могут проводиться в любое время года.

Условия подобия при моделировании в битом льду определяются зависимостями [3]:

- $\frac{L_н}{L_м} = \frac{B_н}{B_м} = \cdots = \frac{h_н}{h_м} = \lambda;$
- числа Фруда $Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}} = idem;$
- отношение плотностей $\rho_л/\rho_в = idem,$ (3)
- сплоченность $S = idem,$
- коэффициент трения $f = idem,$

где $L_н$, $L_м$, $B_н$, $B_м$, $h_н$, $h_м$ – линейные размеры судна и толщина льда натуры и модели.

По данным [3], плотность однолетнего морского льда составляет $\rho_л$ = 0,85–0,90 т/м^3, коэффициент трения льда о сталь составляет 0,08–0,12.

У полиэтилена высокого давления, по данными наших исследований, плотность модели льда близка к 0,9 т/м^3. Коэффициент трения полиэтилена о корпус окрашенной модели составляет 0,11÷0,13. Учитывая нестабильность физико-механических свойств натурного льда, зависящих от температуры, истории и времени намерзания, погодных условий можно считать условия (3) удовлетворительными для моделирования.

Большое разнообразие ледовых условий, нестабильность свойств и характеристик битых льдов делают достаточно сложной задачей точно и определенно зафиксировать многочисленные параметры, характеризующие натурную ледовую обстановку (в том числе толщину, форму и размеры льдин, их сплоченность). Поэтому в эксперименте приближенно моделируется движение судна в некоторой условной среде с осредненными характеристиками.

РИС. 5. Фото модели грузопассажирского судна пр. CNF22 (М 1:50)

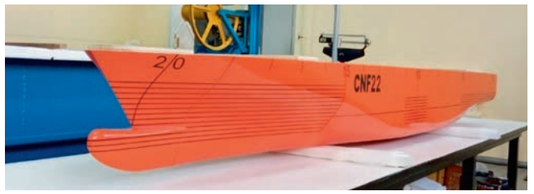


РИС. 6. Поле битого льда сплоченностью 4 балла в опытовом бассейне

РИС. 7. Фрагменты испытаний при движении модели судна пр. CNF22 носом во льду сплоченностью 4 балла и скоростью натуры ~12 уз.

РИС. 8. Фрагменты движения модели судна пр. CNF22 носом во льду сплоченностью 8 баллов и скоростью натуры ~12 уз.

Условия подобия соблюдаются лишь в отношении наиболее важных характеристик битого льда (толщин, сплоченности, ширины канала, плотности и коэффициента трения обломков льда о корпус).

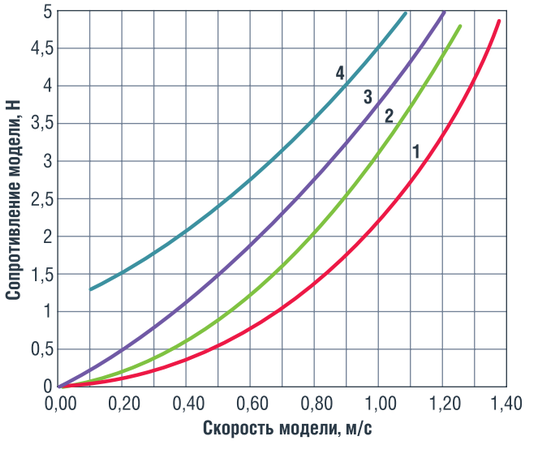
Это дает возможность моделировать битый лед с помощью полиэтиленовых плиток одинаковой формы и размеров $l/h = const$ и обеспечить повторяемость опытов.

На рис. 5, 6, 7, 8 показаны испытания модели (масштаб 1:50) грузопассажирского судна проекта CNF22 неограниченного района плавания на ледовый класс Ice2 Морского Регистра судоходства с бульбообразной носовой оконечностью, транцевой кормой, с избыточным надводным бортом, с носовым расположением жилой надстройки, МО в корме, с двухвинтовой дизельной установкой, кормовым и носовым подруливающими устройствами.

Испытания модели (рис. 5) проводились в битых льдах сплоченностью 4, 6 и 8 баллов в плитках толщиной 10 мм, имеющих форму в плане в виде равнобедренного прямоугольного треугольника с катетом 100 мм. Для натуры это составляет толщину льдин 50 см. Поле битого льда показано на рис. 6, фрагменты испытаний – на рис. 7, 8.

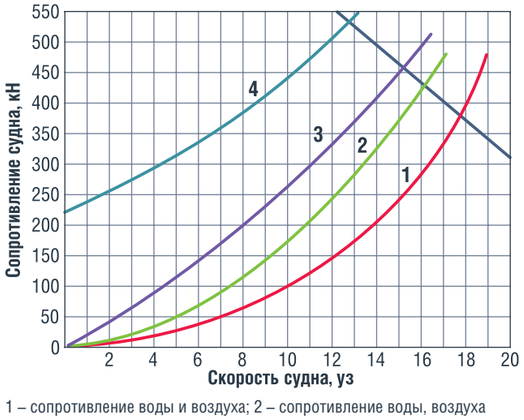
По результатам испытаний получены кривые сопротивления движению модели судна для различных условий движения (рис. 9). Полученные данные были пересчитаны на натурное судно (рис. 10).

РИС. 9. Буксировочные кривые при движении модели судна пр. CNF22 носом



1 – чистая вода; 2 – сплоченность льда 4 балла; 3 – сплоченность льда 6 баллов; 4 – сплоченность льда 8 баллов

РИС. 10. Кривые полного сопротивления при движении судна пр. CNF22 носом



1 – сопротивление воды и воздуха; 2 – сопротивление воды, воздуха и мелкобитого льда толщиной 0,5 м и сплоченностью 4 балла; 3 – сопротивление воды, воздуха и мелкобитого льда толщиной 0,5 м и сплоченностью 6 баллов; 4 – сопротивление воды, воздуха и мелкобитого льда толщиной 0,5 м и сплоченностью 8 баллов; 5 – тяга винтов

РИС. 11. Ледокол проекта 21900 «Москва»

РИС. 12. Сопротивление при движении ледокола пр. 21900 «Москва» в ровном бесснежном льду

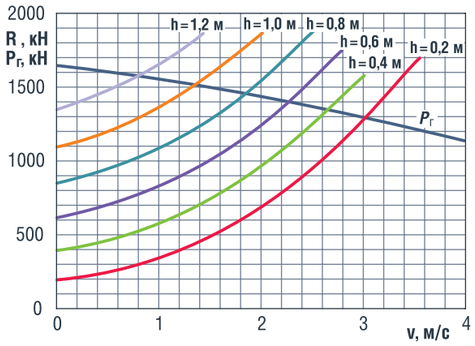
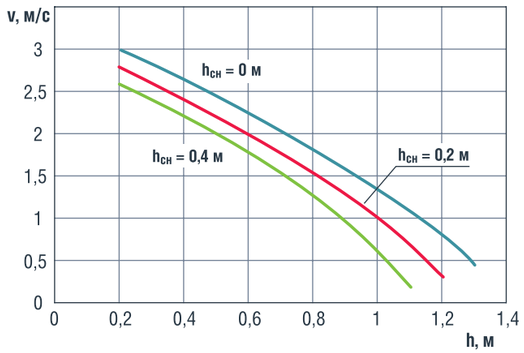


РИС. 13. Кривая ледопроходимости ледокола пр. 21900 «Москва» при различной заснеженности



В зимний период транспортировка нефти и газа осуществляется судами арктических ледовых классов, которые способны самостоятельно двигаться в сплошных льдах или под проводкой ледоколов в сложных ледовых условиях. Важно знать не только величину предельной ледопроходимости, которая является мерой ледовой ходкости, но и прогнозировать сопротивление арктических судов и ледоколов при движении в сплошном льду непрерывным ходом.

На основе теоретико-экспериментальных исследований с учетом физико-механической картины разрушения ледяного покрова судами Грамузовым Е.М. в НГТУ был разработан полуэмпирический способ расчета чистого ледового сопротивления [3] при движении судов в сплошном льду. Он позволяет в компактной и удобной для использования форме чистое ледовое сопротивление сплошного заснеженного льда представить в виде составляющих [3]:

$$R = R_{pv} + R_{рст} + R_{ov} + R_{ост} + R_{сн}, \qquad (3)$$

где R_{pv} – зависящая от скорости составляющая сопротивления разрушению; $R_{рст}$ – статическая составляющая сопротивления разрушению; R_{ov} – зависящая от скорости составляющая сопротивления обломков льда; $R_{ост}$ – статическая составляющая сопротивления обломков льда; $R_{сн}$ – сопротивление снега.

Математическая модель чистого ледового сопротивления (3) учитывает главные размерения судов, форму корпуса, физико-механические характеристики льда и снега, так как бесснежный лед редко встречается в реальных условиях [3]. Форма корпуса учтена путем введения в расчетную модель интегральных функций геометрии $\gamma_{лтф}$, $\gamma_{сф}$, Φ_i [3], которые получены из пространственного рассмотрения взаимодействия корпуса судна со льдом.

В качестве примера продемонстрированы расчеты ходкости по приведенным методикам для ледокола проекта 21900 «Москва» (рис. 11, 12, 13). Основные характеристики ледокола проекта 21900 «Москва» (рис. 11): длина по КВЛ $L_{КВЛ}$ = 104,00 м; ширина судна B = 27,50 м; осадка T = 8,50 м; мощность главных двигателей N = 16400 кВт.

На рис. 12 продемонстрирован расчет чистого ледового сопротивления ледокола проекта 21900 «Москва» по (3), на рис. 3 построены кривые ледопроходимости при движении в сплошном ледяном поле как бесснежном ($h_{сн}$ = 0), так и заснеженном ($h_{сн}$ = 0,2 м; $h_{сн}$ = 0,4 м).

Модельные испытания в сплошном ледяном поле проводятся в холодное время года с использованием естественной наморозки льда.

Одним из путей проведения испытаний ледоколов во льдах является использования в качестве модели льда естественный лед, намораживаемый в водоеме или в бассейне при отрицательных температурах воздуха.

Естественный лед имеет при моделировании повышенную прочность по сравнению со строгой теорией моделирования, поэтому, очевидно, получило распространение мнение о невозможности его использования. Однако при использовании естественного льда компенсировать повышенную прочность льда $\sigma_м$ можно меньшей толщиной, чем требуется (моделируется разрушение ледяного покрова). Многолетний опыт нашей работы в ледовом бассейне НГТУ показал возможность такого подхода [3].

При испытаниях модели ледокола пр. 00902 в сплошном ледяном поле использовался естественный намораживаемый на поверхности воды лед при отрицательных температурах воздуха.

Масштаб пересчета толщин льда при моделировании:

$$\lambda_h = \frac{h_н}{h_м} = \lambda^{4/3}. \qquad (9)$$

Модуль пересчета сопротивления при моделировании по Фруду:

$$R_н = \lambda^3 R_м. \qquad (10)$$

Скорость движения ледокола:

$$v_н = \sqrt{\lambda} v_м. \qquad (11)$$

При пересчете сопротивления разрушения льда возникает масштабный эффект, связанный с неучетом при моделировании смятия и дробления кромки в местах контакта. Однако есть основание полагать, что этот эффект невелик.

Равенство коэффициентов трения корпуса судна и модели о естественный и моделируемый лед можно обеспечить специальным покрытием модели.

Чтобы избежать масштабного эффекта, связанного с несоответствием толщины льда и составляющей сопротивления обломков, необходимо экспериментальное разделение составляющих сопротивления (аналогично разделением сопротивления трения и остаточного при экспериментальном определении сопротивления воды).

Для этого, кроме испытаний в сплошном льду, проводятся испытания в битом льду десятибалльной сплоченности, при толщине, в которой проводились испытания в сплошном льду. Затем определяются кривые сопротивления в ряде толщин льда:

$$R_{1м} = R_м - R_{2м} = f(h, v), \qquad (12)$$

$$R_{1м}(v) = R_м(v) = R_{2м}(v), \text{ при } h = const. \qquad (13)$$

Пересчет на натуру для составляющих ведется раздельно:

$$R_{1н} = \lambda^3 R_{1м},\ v_н = \sqrt{\lambda} v_м,\ h_н = \lambda^{4/3} \cdot {\lambda_E}^{-1/3} \cdot h_м. \qquad (14)$$

$$R_{2н} = \lambda^3 R_{2м},\ v_н = \sqrt{\lambda} v_м,\ h_н = \lambda h_м. \qquad (15)$$

Сопротивление воды $R_в$ может быть выделено из $R_м$ и пересчитано традиционными способами, используя испытания модели судна в чистой воде. Однако, как правило, необходимости в этом нет из-за его малости [1], а пересчет полного сопротивления $R_н$ можно вести по упрощенной методике (10) не разделяя составляющие. Несоответствие толщин

$$\frac{h_н}{h_м} = \lambda$$

приведет к некоторому уменьшению статической составляющей, связанной с притапливанием льдин, которая не велика.

РИС. 14. Установка модели судна пр.00902 перед движением

Пример модельных испытаний судна ледового класса Icebreaker 8 пр. 00902 в сплошном льду приведен на рис. 14, 15.

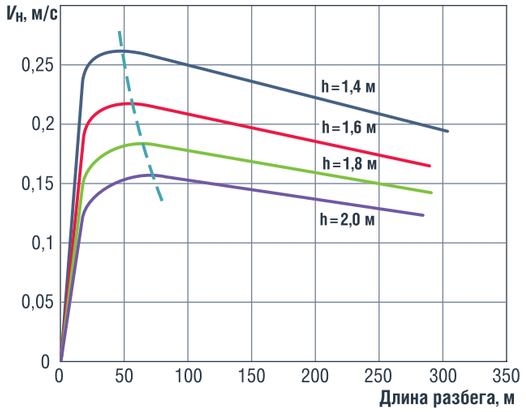
При эксплуатации ледоколов очень часто встречаются тяжелые ледовые условия, в которых невозможно двигаться непрерывным ходом. Поэтому ледоколы вынуждены прибегать к работе набегами.

Работа набегами носит циклический характер и складывается из следующих операций. Отход назад в собственном канале осуществляется на расстояние $l_р$, необходимое для набора скорости вхождения в сплошной лед очередного цикла продвижения. При этом часть пути ледокол движется под действием тяги заднего хода, определяемой безопасностью работы движительно-рулевого комплекса, и часть пути ледокол движется по инерции при реверсе с заднего хода на передний. На отход требуется время $t_{от} + t_{зп}$.
Разгон на переднем ходу в собственном канале осуществляется исключительно для набора скорости (кинетической энергии) с положительным ускорением. На пройденный путь при разгоне $l_р$, равный полному пути отхода назад, затрачивается время $t_р$. После контакта со сплошным ледяным покровом движение ледокола замедляется вплоть до полной остановки. За это время $t_п$ ледокол продвигается на расстояние $l_п$, являющееся полезным путем продвижения. При этом ледокол может двигаться при работе энергетической установки (ЭУ) на полную мощность вплоть до полной остановки или при продвижении во льду может быть совершен заблаговременный, до остановки судна, реверс ЭУ на задний ход. В первом случае на продвижение ледокола затрачивается время $t_п$ и после полной остановки осуществляется реверс движителей с переднего хода на задний, на который затрачивается время $t_{пз}$. Время реверса определяется возможностями энергетической установки и считается известным для конкретного судна. Во втором случае путь $l_п$ во льду складывается из двух слагаемых: пути при движении с работой ЭУ на полную мощность и пути, который судно проходит при реверсировании ЭУ с переднего хода на задний до полной остановки. Время движения в этом случае $t_п + t_{пз}$. Если не произошло заклинивание корпуса, начинается движение задним ходом.
В противном случае затрачивается некоторое время на освобождение от заклинивания $t_{оз}$. Поэтому средняя скорость движения набегами определяется:

$$v_н = \frac{l_п}{t_{от} + t_{зп} + t_р + t_п + t_{пз} + t_{оз}}. \qquad (4)$$

РИС. 15. Движение модели судна пр.00902 в сплошном льду толщиной 4 мм

РИС. 16. Скорость движения набегами от длины разгона ледокола пр. 21900 «Москва»



Определение этой скорости представляет практический интерес для решения задачи оптимизации всего процесса работы ледокола набегами.

Параметры $l_п$, $t_{от}$, $t_{зп}$, $t_р$, $t_п$, входящие в (4), определяются из решений дифференциальных уравнений на разных этапах движения [3].

Время реверса ледокола с заднего хода на передний $t_{зп}$ и с переднего хода на задний $t_{пз}$, время освобождения от заклинивания $t_{оз}$ задаются для конкретного судна.

Определение этой скорости представляет практический интерес для решения задачи оптимизации всего процесса работы ледокола набегами.

Полученные решения должны быть адаптированы к натурным данным по эксплуатации ледоколов в тяжелых льдах. Разработанные математические модели движения могут быть настроены на имеющиеся натурные данные различных ледоколов и получены расчетные модели [1], удовлетворяющие проектировщиков и эксплуатационников.

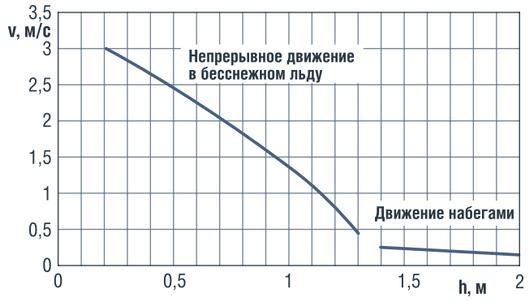
Математическая модель средней скорости движения набегами позволяет анализировать влияние формы корпуса и соотношений главных размерений на эффективность работы.

Полученные математические модели могут быть использованы в проектных организациях на начальных этапах проектирования ледоколов, в научно-исследовательских организациях при проведении собственных исследований, в пароходствах при выборе тактики работы ледоколов в тяжелых ледовых условиях.

По существующей методике выполнены расчеты ледовой ходкости при работе набегами для разных проектов судов [6]. В качестве примера на рис. 16 представлена скорость движения набегами от длины разгона, а на рис. 17 – кривые ледопроходимости ледокола пр. 21900 «Москва».

Выявлено, что при работе ледоколов набегами существует оптимальная тактика движения, которая позволяет достигать максимальной скорости движения и приводит к экономии топлива [2, 5].

РИС. 17. Кривые ледопроходимости ледокола пр. 21900 «Москва» непрерывным ходом и набегами



Следует отметить, что на данный момент наиболее распространенными методами исследования ледовой ходкости судов являются модельный эксперимент и разработанные расчетные методики. Модельный эксперимент в опытовом ледовом бассейне остается актуальным, поскольку проведение натурных экспериментов дорого и требует большого количества времени. Увеличение количества и повышение качества данных натурных экспериментов приводит к повышению надежности методик расчета ледовой ходкости судов. Приведенные теоретико-экспериментальные модели следует рассматривать в единстве с используемыми натурными данными.

Представленные результаты исследований позволяют прогнозировать ходкость ледоколов и судов ледового плавания на этапе проектирования.

Представленные результаты получены по проекту РНФ № 22-19-00376 «Экспериментально-теоретическое исследование полуэмпирических моделей взаимодействия судов со льдом».

Литература

1. *Грамузов Е.М. Использование данных натурных экспериментов для построения полуэмпирической модели движения ледокола набегами / Е.М. Грамузов, В.А. Зуев, Н.В. Калинина, А.А. Куркин / Вопросы атомной науки и техники. Серия: Математическое моделирование физических процессов. 2021. № 4. С. 83–90.*
2. *Ионов Б.П. Выбор тактики движения судов в тяжелых льдах / Б.П. Ионов, Н.В. Калинина / Морской вестник. 2013. № 1 (45). С. 106–108.*
3. *Ионов Б.П. Ледовая ходкость судов / Б.П. Ионов, Е.М. Грамузов. СПб.: Судостроение, 2013.*
4. *Ионов Б.П. Проектирование ледоколов / Б.П. Ионов, Е.М. Грамузов, В.А. Зуев; СПб.: Судостроение, 2013.*
5. *Калинина Н.В. Использование математических моделей движения судов в тяжелых льдах при выборе тактики маневрирования / Н.В. Калинина / Всероссийская научно-техническая конференция «Современные технологии в кораблестроительном и авиационном образовании, науке и производстве», 17–20 ноября 2009 г., Н. Новгород, 2009. С. 207–215.*
6. *Калинина Н.В. Прогнозирование ходкости ледокола проекта 21900 типа Москва в различных путевых условиях / Н.В. Калинина / Транспортные системы, № 2 (12), 2019. Н. Новгород, НГТУ. С. 38–50.*
7. *Колпаков А. Нефтяной полярный горизонт [Электронный ресурс]. – Эксперт Северо-Запад № 40–41 (739) 3–16 октября 2016. – Режим доступа: https://expert.ru/northwest/2016/40/neftyanoj-polyarnyij-gorizont/. Дата обращения: 5.10.2022. – Загл. с экрана.*
8. *The ARCTIC. Природные ресурсы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.arctic.ru/resources/print/. Дата обращения: 5.10.2022. – Загл. с экрана.*

KEYWORDS: *oil and gas transportation, Northern sea route, ice conditions, icebreakers, arctic ships, research and forecast of ships ice propulsion, mathematical models of ice resistance and speed, experimental studies.*

СТРОИМ
В 7 РЕГИОНАХ РОССИИ

Москва · Московская область · Санкт-Петербург
Екатеринбург · Казань · Тюмень · Омск

95
построенных объектов
в крупнейших
городах России

etalongroup.ru

ЭТАЛОН

+7 (800) 511-58-12

РЕКЛАМА. ГРУППА «ЭТАЛОН». ПРОЕКТНЫЕ ДЕКЛАРАЦИИ НА САЙТЕ НАШ.ДОМ.РФ

Neftegaz.RU Offshore
номер 11 / 2022 г.

УДК 629.5

АВТОНОМНЫЙ ПЛАВУЧИЙ КОМПЛЕКС

как элемент морской транспортной системы, обеспечивающей «северный завоз» и инфраструктурные объекты на акватории СМП

Чугунов Виктор Васильевич
генеральный директор
ООО «Арктические Морские Технологии»

Щербаков Илья Вадимович
генеральный директор
ПКБ «Петробалт»

Кеонджан Виталий Павлович
председатель совета директоров
ООО «Арктические Морские Технологии»,
профессор, д.ф-м.н.

В ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ РАЗВИТИЮ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ УДЕЛЯЕТСЯ ВСЕ БОЛЬШЕЕ ВНИМАНИЕ. В СООТВЕТСТВИИ С «ПЕРЕЧНЕМ ПОРУЧЕНИЙ ПРЕЗИДЕНТА РФ ПО ИТОГАМ СОВЕЩАНИЯ ПО ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ 13 АПРЕЛЯ 2022 Г.», ПРАВИТЕЛЬСТВОМ РФ ПОДГОТОВЛЕН «ПЛАН РАЗВИТИЯ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ НА ПЕРИОД ДО 2035 Г.», В КОТОРОМ СОДЕРЖИТСЯ ШИРОКИЙ ПЕРЕЧЕНЬ МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА РАСШИРЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НА ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ. В ЧАСТНОСТИ, РЯДУ МИНИСТЕРСТВ И ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ», ПОРУЧЕНА ПОДГОТОВКА ПРОГРАММЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ГРУЗОВЫХ СУДОВ ЛЕДОВОГО КЛАССА, В ТОМ ЧИСЛЕ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ МОРСКУЮ ТРАНСПОРТИРОВКУ СЫРЬЯ (СПГ, НЕФТЬ, УГОЛЬ И ДР.), А ТАКЖЕ ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ЗАВОЗА ГРУЗОВ СНАБЖЕНИЯ, ВКЛЮЧАЯ 10 СУДОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ «СЕВЕРНОГО ЗАВОЗА»

IN RECENT YEARS, MORE AND MORE ATTENTION HAS BEEN PAID TO THE DEVELOPMENT OF THE NORTHERN SEA ROUTE. IN ACCORDANCE WITH THE "LIST OF INSTRUCTIONS OF THE PRESIDENT OF THE RUSSIAN FEDERATION FOLLOWING THE MEETING ON THE DEVELOPMENT OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION ON APRIL 13, 2022", THE GOVERNMENT OF THE RUSSIAN FEDERATION PREPARED THE "PLAN FOR THE DEVELOPMENT OF THE NORTHERN SEA ROUTE FOR THE PERIOD UP TO 2035", WHICH CONTAINS A WIDE LIST OF MEASURES AIMED AT EXPANDING AND INCREASING THE EFFICIENCY OF ITS FUNCTIONING IN THE ADJACENT TERRITORIES. IN PARTICULAR, A NUMBER OF MINISTRIES AND THE STATE CORPORATION ROSATOM WERE ENTRUSTED WITH THE PREPARATION OF A PROGRAM FOR THE CONSTRUCTION OF ICE-CLASS CARGO SHIPS, INCLUDING THOSE PROVIDING SEA TRANSPORTATION OF RAW MATERIALS (LNG, OIL, COAL, ETC.), AS WELL AS THOSE INTENDED FOR THE DELIVERY OF SUPPLY CARGO, INCLUDING 10 SHIPS TO ENSURE THE "NORTHERN DELIVERY"

Ключевые слова: *Северный морской путь, «северный завоз», транспортировка углеводородов, суда ледового класса, автономный плавучий комплекс.*

Разработку такой Программы условно можно разделить на две части – строительство грузовых судов ледового класса, обеспечивающих морскую транспортировку сырья (СПГ, нефть, уголь и др.) и судов для морской транспортной системы (МТС), обеспечивающей «северный завоз» и развитие инфраструктурных объектов на арктическом и дальневосточном побережье, количество которых уже более 10 (рис. 1).

Строительство судов для транспортировки сырья по Севморпути в основном организовывается компаниями-поставщиками. В настоящее время они либо уже частично обеспечены соответствующим флотом или контрактами на его постройку, как например НАВОТЭК, либо такие контракты прорабатываются.

В то же время МТС, обеспечивающая «северный завоз» и инфраструктурные объекты, разрознена и малоэффективна в силу слабого обеспечения необходимым флотом и недостаточно развитой портовой инфраструктурой вдоль трассы Севморпути. Существующие порты – Игарка, Диксон, Тикси, Певек, Провидения, требуют значительной реконструкции, в том числе, чтобы обеспечить перевалку грузов для строящихся объектов и населенных пунктов, расположенных в арктической зоне на сибирских реках. Поскольку эти порты открыты для работы только в течение 4–5 месяцев в году, то грузы доставляются и перегружаются небольшими партиями и только в летне-осенний период.

ФАКТЫ

3-4 тыс. т

составляет грузоподъемность речных судов, доставляющих объем грузов в северные морские порты по рекам

Еще одной проблемой этой транспортной системы до настоящего времени остается доставка необходимых грузов. Значительный их объем доставляется речными судами малой грузоподъемности (3–4 тыс. т) по сибирским рекам (Обь, Енисей, Лена и др.), навигация на которых длится не более 4–5 месяцев в году, а также по Севморпути морскими судами небольшой грузоподъемности, от 3–5 до 10–15 тыс. т, с относительно невысоким ледовым классом (arc4, arc5). При этом возможности

РИС. 1. Некоторые из строящихся и реконструируемых объектов на арктическом побережье

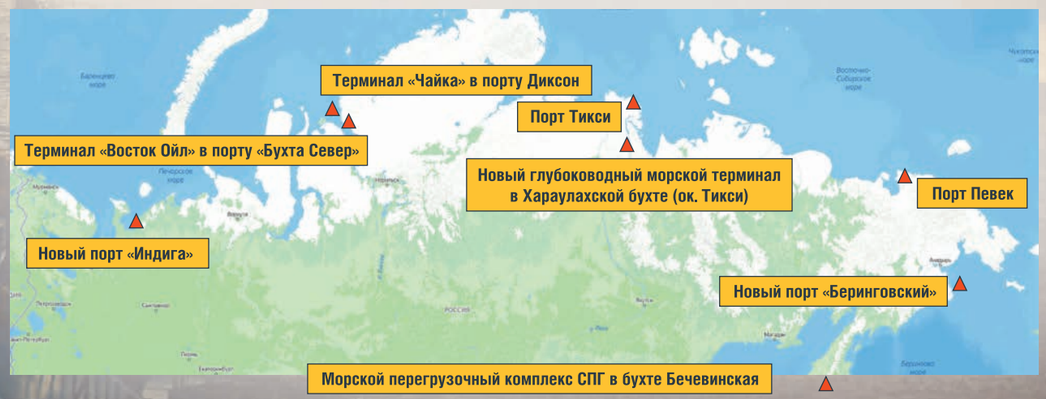
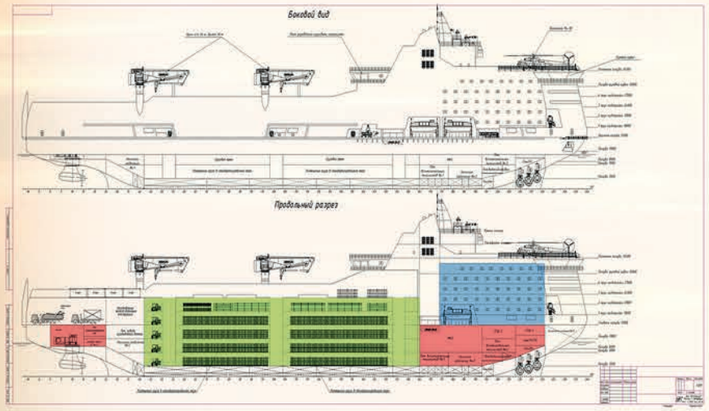


РИС. 2. Общий вид Комплекса

РИС. 3. Общий вид Комплекса

РИС. 4. Продольный разрез Комплекса



привлекаемого флота весьма ограничены из-за его возраста и количества (более 75% его состава эксплуатируется сверх нормативного срока).

Ограниченные возможности такой логистики серьезно влияют как на эффективность «северного завоза» в целом, так и на ход и цикличность строительных работ, выполняемых на Арктическом побережье.

Указанные проблемы и явились основными предпосылками для разработки концепции Автономного Плавучего Комплекса (АПК) обеспечения строительных работ и «северного завоза», разработанной ООО «Арктические Морские Технологии» и ПКБ «Петробалт».

На рисунках 2, 3, 4 и таблице 1 представлены общий вид, продольный разрез и основные характеристики Комплекса.

За счет модульной компоновки трюмного пространства Комплекс может использоваться на Севморпути как судно снабжения по программе «северного завоза», так и в качестве судна обеспечения строительных работ практически до 8–9 месяцев в году. При использовании его по программе «северного завоза» он способен перевозить до 1000 TEU в трюме и до 120 TEU на палубе.

При использовании для обеспечения строительных работ Комплекс способен:

- бесперебойно снабжать строящиеся береговые объекты, базы и поселения, расходными технологическими и строительными материалами (трубами, цементом, готовым раствором, железо-бетонными изделиями и т.п.) необходимыми для проведения работ;
- снабжать строящиеся объекты топливом и другими ГСМ, а также питьевой водой и продовольствием персонал этих объектов и жителей близлежащих населенных пунктов;
- оказывать персоналу строящихся объектов, членам команд вспомогательных судов и жителям близлежащих населенных пунктов экстренную медицинскую помощь с возможностью их госпитализации;
- осуществлять прием, хранение и возможную утилизацию бытовых и промышленных отходов.

Кроме того, при небольшой модификации трюмного пространства Комплекс может выполнять функции плавучей Базы обеспечения (ПБО) буровых работ на арктическом шельфе по снабжению ПБУ в течение всего бурового сезона и ее ледовой защите в рамках системы УЛО.

(Необходимо отметить, что общекорабельные характеристики Комплекса полностью соответствуют характеристикам концептуального проекта вышеуказанной ПБО, разработанного ПКБ «Петробалт» и ООО «Арктические Морские Технологии» в рамках госконтракта с Минпромторгом в 2020–2021 гг.)

Такие возможности Комплекса по модификации грузового пространства создают хорошие предпосылки для строительства серии универсальных судов арктического флота на базе однотипного, хорошо отработанного ледокольно-транспортного корпуса с однотипными ГЭУ И ВРК, что позволит существенно удешевить их строительство, оптимизировать ЗИП и сократить сроки обслуживания. Высокий ледовый класс позволяет значительно расширить их навигационное окно в Арктике и создать оптимальные технологии доставки грузов по линии «северного завоза» и обеспечения строительных работ на объектах арктического побережья, а при необходимости – и буровых работ на шельфе.

ФАКТЫ

10-15 тыс. т

составляет грузоподъемность морских судов, перевозящих грузы по СМП

8-9

месяцев в году Комплекс используется на Севморпути как судно снабжения по программе «северного завоза» и судно обеспечения строительных работ

ТАБЛИЦА 1. Технические характеристики Комплекса

Класс РС	КМ ⍟ Arc 7 1 AUT1-ICS OMBO FF1WS DYNPOS-2 EPP ANTI-ICE ECO HELIDECK-H Winterization(-40) SPECIAL PURPOSE SHIP STANDBY VESSEL SUPPLY VESSEL
Длина судна наибольшая, м	200
Ширина судна, м	32
Высота борта на миделе, м	15
Осадка по КВЛ, м	10
Водоизмещение по КВЛ, т	47500
Дедвейт, т	ок. 28000
Объем грузовых трюмов, м^3	37500
Количество контейнеров 20 TEU, шт	до 1000 (при соответствующем оборудовании трюмного пространства)
Объем топлива для снабжения, м^3	4000
Объем цистерн питателей, м^3	1100
Площадь завода по изготовлению бетона, м^2	261
Площадь завода железо-бетонных конструкций, м^2	326
Площадь автомобильного ангара, м^2	660

Все указанные возможности Комплекса позволят значительно повысить общую эффективность этих работ и снизить общие (суммарные) затраты по сравнению с затратами при кратковременном сезонном использовании большого количества существующего малотоннажного флота с низким ледовым классом. Это касается прежде всего стоимости суммарного фрахта таких судов и сроков их навигации.

В подтверждение этого можно привести пример из прошлогодней навигации, когда атомный ледокол «Арктика» впервые довел до порта Певек в декабре караван из трех судов, «Полар Кинг» (DW – ок. 7,5 тыс. т), «Юрий Аршеневский» (DW – ок. 22 тыс. т) и «Инженер Трубин» (DW – ок. 7 тыс. т), которые доставили суммарно 14 тыс. т грузов для крупных инфраструктурных проектов, реализуемых в этом регионе, а также промтовары и продовольствие. Всем этим судам более 30 лет. Суммарный суточный фрахт этого каравана, с учетом фрахта ледокола, по-видимому, мог составить более 6 млн руб., а общий фрахт всего рейса продолжительностью не менее 10 суток только в одну сторону (это более 2,5 тыс. миль) может составить не менее 60 млн руб. Это реально отражает низкую эффективность существующей транспортной системы при высоких затратах.

ФАКТЫ

6 млн руб.

может составлять суммарный суточный фрахт каравана из трех судов и ледокола

РИС. 5. Ледокольно-транспортное судно типа «Иван Папанин» (проект 10621)

Важно отметить, что разработка настоящего проекта основывалась, в определенном виде, на концепции проектов, строившихся в 80–90-х годах многоцелевых ледокольно-транспортных судов-снабженцев для Арктики и приарктических районов. Серия этих судов типа «Витус Беринг» и «Иван Папанин» (проекты 10620 и 10621) с успехом работали и частично еще продолжают работать в составе FESCO и до недавнего времени – Мурманского пароходства (рис. 5). (Последнее судно этой серии было приобретено Китаем в 1994 году и переоборудовано в первый китайский ледокол «Снежный дракон»).

Для оценки эффективности использования рассматриваемых Комплексов и принятия решения о дальнейшем продолжении проектных работ и организации их строительства представляется целесообразным разработать Концепцию развития системы транспортно-логистического обеспечения «северного завоза» и инфраструктурных объектов с их использованием.

Создание такой Концепции, с учетом номенклатуры грузов, возможностей портов, судоходных маршрутов и других элементов системы позволит:

- определиться с необходимым составом и количеством требуемых судов, с учетом возможностей существующего флота и строительства Комплексов;
- определить ориентировочные значения их строительной стоимости и возможные формы государственной поддержки строительства, в зависимости от схем финансирования и потенциальных заказчиков, в т.ч. единого морского логистического оператора «северного завоза».
- оценить экономическую и технологическую эффективность использования Комплексов как элемента морской транспортной системы, обеспечивающей «северный завоз» и инфраструктурные объекты на акватории Севморпути.

Предложение о разработке такой Концепции в настоящее время передано на рассмотрение в Минвостокразвития, которое является ответственным за формирование Программы строительства судов обеспечения «северного завоза».

Keywords: *Northern Sea Route, northern delivery, transportation of hydrocarbons, ice-class vessels, autonomous floating complex.*

COBALT В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Практика применения и показатели эффективности системы автоматизированной подготовки исполнительной документации

УДК 004

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВРЕМЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ВО МНОГОМ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ПРОГРАММНЫМИ ПРОДУКТАМИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИМИ СЛАЖЕННУЮ РАБОТУ ВСЕХ УЧАСТНИКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА. В ПРОШЛОМ НОМЕРЕ NEFTEGAZ.RU СПЕЦИАЛИСТЫ АО «КОБАЛЬТ42» РАССКАЗЫВАЛИ О ПРЕИМУЩЕСТВАХ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ COBALT. СЕГОДНЯ РЕЧЬ ПОЙДЕТ О ТОМ, КАК СИСТЕМА ЗАРЕКОМЕНДОВАЛА СЕБЯ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

THE EFFICIENCY OF A MODERN ENTERPRISE IS LARGELY DETERMINED BY SOFTWARE PRODUCTS THAT ENSURE THE COORDINATED WORK OF ALL PARTICIPANTS IN THE PRODUCTION PROCESS. IN THE LAST ISSUE OF NEFTEGAZ.RU, THE SPECIALISTS OF COBALT42 JSC TALKED ABOUT THE ADVANTAGES OF USING THE COBALT INFORMATION SYSTEM IN INDUSTRIAL CONSTRUCTION. TODAY WE WILL TALK ABOUT HOW THE SYSTEM HAS PROVEN ITSELF IN ACTUAL PRACTICE

Ключевые слова: *цифровой продукт, web-сервис, строительство в нефтегазовом комплексе, автоматизация производственных процессов, подготовка исполнительной документации.*

Мулюкин Сергей Владимирович

заместитель директора АО «КОБАЛЬТ42»

> **Cobalt** – информационная система автоматизированной подготовки исполнительной документации, позволяющая в значительной степени оптимизировать труд специалистов ПТО и ощутимо сократить временные и финансовые затраты на выполнение объемов работ

Какие задачи решает?

В силу того, что Cobalt представляет собой Web-сервис, каждому специалисту, задействованному на проекте, организуется его личная учетная запись, в дальнейшем использующаяся им для работы в системе.

Функционал системы позволяет организовать единое информационное пространство, хранящее и обрабатывающее информацию о ходе строительства. Пользователи системы имеют доступ к множеству различных данных: информации об участниках строительства и разрешительной документации, структуре проекта и рабочей документации, данным спецификаций, поступлении материалов/оборудования и входном контроле, информации о выполнении строительно-монтажных работ и контроле качества и т.д.

Наличие полного объема данных дает пользователям возможность в автоматизированном режиме формировать исполнительную документацию по заранее подготовленным шаблонам.

> Функционал системы Cobalt позволяет организовать единое информационное пространство, хранящее и обрабатывающее информацию о ходе строительства

Применение Cobalt позволяет не только повысить эффективность ПТО, но и в целом делает ход строительства намного более прозрачным и отслеживаемым для всех участников строительства.

Применение в условиях реальных проектов

Совместно со специалистами компании «ПЕРМЬТЕХСПЕЦ», непосредственно занимающейся оказанием услуг по подготовке, формированию и сдаче исполнительной документации, было организовано пилотное тестирование системы в рамках строительства Амурского газоперерабатывающего завода.

В кратчайшие сроки было проведено обучение группы пользователей и были начаты работы по переносу привычных им рабочих процессов в информационное пространство Cobalt.

Анализ полученных в ходе тестирования результатов показал, что применение системы позволило группе из 8 человек выполнить объем работ, для которого ранее требовалось участие 20 специалистов. Отмечу, что сроки выполнения работ при этом не изменились. Если рассмотреть срок в 6 месяцев, то подобное сокращение штата специалистов позволило бы заказчику сократить расходы примерно на 11 млн рублей.

Организация работы в Cobalt значительно повысила качество конечной документации, исключив большинство допускаемых специалистами логических и механических ошибок, а автоматизация большинства рутинных процессов позволила сфокусировать больше внимания на вопросах, непосредственно требующих участия человека.

> Анализ результатов тестирования системы в рамках строительства Амурского ГПЗ показал, что применение системы позволило сократить количество специалистов для выполнения объема работ с 20 до 8 человек

Направление дальнейшего развития

Сегодня вопрос цифровизации строительной отрасли стоит очень остро. Это подтверждается Стратегией развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года, а также значительным ростом количества IT-продуктов в данной предметной области.

Большое внимание сфокусировано на расширении применения технологий 3D-моделирования с целью создания «цифрового двойника» строительства.

На текущий момент множество проектов уже реализуется с применением инструментов 3D-моделирования, но зачастую это касается только этапа проектирования. Для организации «цифрового двойника» строительства необходимо, чтобы все процессы были автоматизированы, а все информационные потоки имели свое отражение на 3D-модели проекта.

Cobalt позволяет регистрировать широкий спектр данных о событиях, происходящих на строительной площадке. Мы открыты к сотрудничеству как с целью внедрения нашего решения на проектах, так и с целью разработки и развития информационной экосистемы, позволяющей организовать все функции «цифрового двойника» строительной площадки, предоставляющей возможности всем участникам строительства иметь доступ к актуальным и достоверным данным о ходе работ на проекте в любой момент времени.

Keywords: *digital product, Web service, construction in the oil and gas complex, automation of production processes, preparation of executive documentation.*

Фото с сайта amur-gpp.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОССИЙСКОГО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANCHORED STRUCTURES

для моделирования морских операций с арктическими сооружениями

УДК 004.4

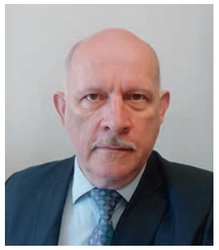
СТАТЬЯ ПОСВЯЩЕНА ВОПРОСАМ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНИХ СИЛ. ОТМЕЧАЕТСЯ, ЧТО ОПИСАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ ЯВЛЯЕТСЯ СЛОЖНОЙ ЗАДАЧЕЙ ВВИДУ НЕРЕГУЛЯРНОСТИ РЯДА ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ СИЛ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОБЪЕКТОВ, БОЛЬШОГО ЧИСЛА СОЧЕТАНИЙ ПРИРОДНЫХ НАГРУЗОК РАЗНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ. ЗАДАЧИ ОПИСАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ СЛОЖНО РЕШАЮТСЯ С ПОМОЩЬЮ НОРМАТИВНЫХ МЕТОДОВ, НО МОГУТ БЫТЬ СМОДЕЛИРОВАНЫ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. В СТАТЬЕ ОПИСЫВАЮТСЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ANCHORED STRUCTURES», ПОЗВОЛЯЮЩЕГО МОДЕЛИРОВАТЬ ПРИРОДНЫЕ НАГРУЗКИ НА МОРСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ИЗУЧАТЬ ИХ ПОВЕДЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭТИХ НАГРУЗОК. ПРИВОДЯТСЯ ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА В РЯДЕ УСПЕШНО ЗАВЕРШЕННЫХ ПРОЕКТОВ. В ЧАСТНОСТИ, ОПИСЫВАЕТСЯ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИИ, ОПЕРАЦИЯ ПО НАКАТКЕ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ НА ОПОРНОЕ ОСНОВАНИЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ОБУСТРОЙСТВА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИРАЗЛОМНОЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «СМЛОП – ТАНКЕР – БУКСИР» ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ УСЛОВИЙ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНОГО ТЕРМИНАЛА В РАЙОНЕ ПОЛУОСТРОВА ВАРАНДЕЙ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ БАТОПОРТОВ СУДОПРОПУСКНОГО СООРУЖЕНИЯ С1 КОМПЛЕКСА ЗАЩИТЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА ОТ НАВОДНЕНИЙ И МОДЕЛИРОВАНИЕ УНИКАЛЬНОЙ МОРСКОЙ ОПЕРАЦИИ ПО УСТАНОВКЕ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ КРЫМСКОГО МОСТА

THE ARTICLE IS DEVOTED TO THE STUDY OF MARINE OBJECTS BEHAVIOR UNDER THE INFLUENCE OF EXTERNAL FORCES. IT IS NOTED THAT THE DESCRIPTION OF MARINE OBJECTS BEHAVIOR IS A DIFFICULT TASK DUE TO THE IRREGULARITY OF A NUMBER OF EXTERNAL FORCES, THE MUTUAL INFLUENCE OF EXTERNAL FORCES AND MOVEMENTS OF OBJECTS, A LARGE NUMBER OF COMBINATIONS OF NATURAL LOADS OF DIFFERENT ORIGIN. PROBLEMS OF DESCRIBING OF MARINE OBJECTS BEHAVIOR ARE DIFFICULT TO SOLVE USING NORMATIVE METHODS, BUT CAN BE MODELED USING MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES. THE ARTICLE DESCRIBES THE FUNCTIONALITY OF THE SOFTWARE PACKAGE "ANCHORED STRUCTURES" THAT ALLOWS YOU TO SIMULATE NATURAL LOADS ON MARINE STRUCTURES AND STUDY THEIR BEHAVIOR UNDER THE INFLUENCE OF THESE LOADS. EXAMPLES OF USING THE SOFTWARE PACKAGE IN A NUMBER OF SUCCESSFULLY COMPLETED PROJECTS ARE GIVEN. IN PARTICULAR, THERE IS DESCRIBED THE MODELING OF OPERATION ROLLING TOPSIDES TO THE SUBSTRUCTURE PLATFORM FOR THE PRIRAZLOMNOYE FIELD DEVELOPMENT, MODELING OPERATION OF THE MECHANICAL SYSTEM SMLOP – TANKER-TUG FOR JUSTIFICATION OF SAFE OPERATION CONDITIONS OF THE OIL TERMINAL NEAR VARANDEY PENINSULA, MODELING OF THE DYNAMIC BEHAVIOR OF FLOATING GATE NAVIGATION STRUCTURE C1 COMPLEX PROTECTING ST. PETERSBURG FROM FLOODING, AND MODELING UNIQUE MARINE INSTALLATION SPANS THE CRIMEAN BRIDGE

Ключевые слова: *математическое моделирование, программные комплексы, природные нагрузки, судно с поворотной турелью, СМЛОП, батопорты, пролетные строения, Крымский мост, платформа Приразломная.*

Большев Александр Станиславович

д.т.н., с.н.с, почетный работник высшего профессионального образования, профессор Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства, Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета



Фролов Сергей Анатольевич

к.т.н., доцент, доцент Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства, Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета

Проектирование разнообразных морских сооружений, предназначенных для освоения минерально-сырьевых ресурсов на арктическом континентальном шельфе, сопряжено с необходимостью решения широкого круга статических и динамических задач, с изучением перемещения этих объектов под действием волнения, ветра, течения и льда. Как правило, такие исследования направлены на обоснование безопасности эксплуатации сооружения на различных стадиях его функционирования или безопасности выполнения морских операций с его участием.

Перемещения плавучих сооружений возможны, как правило, во всех шести степенях свободы и сложным образом связаны с самими нагрузками, вызывающими эти перемещения, с гидродинамическим влиянием находящихся поблизости иных плавучих или стационарных объектов, с реакцией отбойных устройств или систем удержания, которыми оснащаются некоторые сооружения. Сложность описания поведения морских объектов под действием природных нагрузок усугубляется нерегулярным характером последних. В такой ситуации использование простых инженерных методов анализа, на которых основываются российские нормативные документы, далеко не всегда обеспечивает получение надежных результатов.

Наиболее универсальным и относительно дешевым способом решения широкого круга сложных инженерных задач, возникающих на стадиях проектирования, возведения и эксплуатации сооружений для обустройства морских месторождений, является применение методов математического моделирования.

В настоящее время применительно к проблемам проектирования морских сооружений наблюдается параллельное развитие двух подходов в компьютерном моделировании. Первый, наиболее наукоемкий подход, базируется на использовании универсальных программных комплексов, таких как ANSYS, CFX, STAR-CD, позволяет решать отдельные инженерные задачи, но нередко требует больших вычислительных ресурсов, которые может обеспечить только суперкомпьютер.

Второй подход направлен на развитие проблемно-ориентированных комплексов, которые могут решать широкий круг инженерных задач с помощью персональных компьютеров и поэтому доступны любому инженеру. Примерами таких программных комплексов являются программные продукты семейства SESAM, такие как DEEPC, Wadam, SIMO, RiflexDeepC и др.

Названные программные комплексы производятся за рубежом, поэтому создание и развитие отечественных средств аналогичного назначения является сегодня актуальной задачей. В настоящей статье представлены функциональные возможности и приведены примеры использования проблемно-ориентированного программного комплекса «Anchored Structures», который уже более 20 лет развивается в России, успешно использовался в различных проектах и не уступает программным продуктам семейства СЕЗАМ.

Состав и возможности программного комплекса

Программный комплекс «Anchored Structures» [11] разработан сотрудниками Санкт-Петербургского политехнического университета (СПбПУ), в установленном порядке зарегистрирован в Роспатенте, имеет действующий Сертификат Российского Морского Регистра судоходства, включен в Единый Реестр российских программ для ЭВМ и способен решать большое число разнообразных статических и динамических задач, возникающих на стадии проектирования, возведения и эксплуатации морских сооружений.

Программный комплекс построен по модульному принципу – каждый пользователь в зависимости от объема и сложности решаемых задач может расширять состав комплекса в соответствии со спецификой собственных инженерных разработок. Всего программный комплекс содержит около 50 программных модулей, которые объединены в блоки по функциональному назначению.

Блок подготовки исходных данных позволяет в удобной форме задать и корректировать все исходные данные, необходимые для математического моделирования. Блок программных модулей «Pre-processor» позволяет сформировать трехмерную модель изучаемого объекта средствами собственного редактора или с помощью созданного интерфейса передать ее из среды AUTOCAD или ANSYS. При подготовке к моделированию поведения сооружения под действием внешних сил в программном комплексе рассчитываются гидродинамические характеристики морских сооружений, жесткостные характеристики якорных и швартовых связей, описываются характеристики отбойных устройств.

Блок расчета нагрузок позволяет моделировать внешние воздействия

на морской объект (регулярное или нерегулярное волнение, волны малой или конечной высоты, течение, ветер с учетом ветровых порывов, поля ровного или торосистого льда и т.п.), вычислять внешние нагрузки на морские объекты при различных постановках задачи. В частности, нагрузки от волнения на сооружения, сравнимые по размеру с длиной волн, определяются с учетом дифракции численным путем с помощью метода пространственных источников излучения [19]; на сооружения, состоящие из элементов небольших по сравнению с длиной волны размеров, используется метод расчета по формуле Моррисона [2]. Нагрузки от ровных и торосистых льдов в программном комплексе можно рассчитывать по российским нормам [1, 2], а в случае податливых сооружений доступен модуль, основанный на авторской методике, позволяющий вычислять ледовые нагрузки в динамической постановке [10]. Нагрузки от ветра и течения вычисляются с учетом эпюр изменения скорости по высоте, а в случае ветра – и с учетом динамики ветровых порывов.

Семейство статических задач, решаемых в модулях блока статики, позволяет найти исходное положения податливого (заякоренного) сооружения, определить его смещение под действием статических нагрузок. Кроме того, в этот блок включены модули, позволяющие рассчитывать остойчивость плавучих объектов, а также решать разнообразные задачи балластировки морских сооружений.

Программные модули динамических задач основаны на численном решении нелинейных дифференциальных уравнений движения сооружения (или группы сооружений). Решение выполняется во временной области, но в зависимости от выбора пользователя постановка динамической задачи (и трудоемкость моделирования) может варьироваться.
В наиболее простой постановке дифференциальные уравнения движения учитывают нелинейность реакции якорных, швартовых связей, нелинейность реакции отбойных устройств, взаимное влияние близко расположенных корпусов морских сооружений, их взаимное движение при наличии швартовки и т.п. В более сложной постановке решаются интегро-дифференциальные уравнения движения, учитывающие изменение во времени гидродинамических характеристик морского сооружения. Такой подход необходим, например, при моделировании постановки сооружения на морское дно, когда присоединенная масса сооружения может измениться в несколько раз по мере приближения его опорной плоскости к морскому дну. Наиболее трудоемкой задачей является совместное решение уравнений движения сооружения, якорных линий и линий, обладающих изгибной жесткостью. Однако в ряде случаев оценка динамики якорных связей как анализ динамики трубопроводов необходим.

При решении практических инженерных задач с помощью данного программного комплекса, для принятия решений выполняется математическое моделирование поведения сооружения в течение длительного интервала времени. Это может быть расчетный шторм (чаще всего длительностью 6 часов) или совокупность режимов эксплуатации, формируемых по полновероятностной схеме и описывающих поведение сооружения в течение его жизненного цикла. В зависимости от использованного динамического подхода длительность моделирования 6-часового шторма на стандартном персональном компьютере составляет от нескольких минут до нескольких часов.

Результаты математического моделирования поведения морских объектов обрабатываются в модулях «Postprocessor» и представляются в табличной, спектральной, вероятностной, графической и мультимедийной форме. Программные модули блока управления обеспечивают не только координацию всех вычислительных процессов, позволяют моделировать задачи в пакетном режиме, но и обеспечивают отображение в реальном времени поведения исследуемых объектов в процессе математического моделирования. Таким образом, выполняющий разработку исследователь имеет возможность визуального анализа поведения объектов в тех или иных ситуациях, что нередко оказывается эффективным инструментом инженерного анализа.

Программный комплекс позволяет реализовывать параллельные вычисления, распределяя вычислительные процедуры на различные процессоры персонального компьютера. Этот прием позволяет, например, одновременно моделировать поведение морского сооружения под действием 8 штормов, действующих с различных румбов. Высокая вычислительная эффективность моделирования позволяет решать весьма трудоемкие задачи оптимизации систем удержания морских заякоренных сооружений, работающих на шельфе [18], или решать задачи в полновероятностной постановке [15].

На протяжении 20 лет программный комплекс поставляется научно-исследовательским и проектным организациям. В Политехническом университете организовано обучение пользователей, компания правообладатель (ООО «ЦКМ ДМС») обеспечивает консультации заинтересованных организаций, сопровождение программного комплекса и при необходимости выполнение совместных пилотных проектов. В настоящее время программный комплекс используется рядом известных организаций: ОАО ЦКБ МТ «Рубин», ОАО ЦКБ «Коралл», ФГУП «Крыловский государственный научный центр», ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», ООО «ВолгоградНИПИморнефть», ООО «Арктический Научный Центр», ООО «Си Эн Жи Эс Инжиниринг», ООО «Фертоинг» и др.

Программный комплекс «Anchored Structures» используется также в учебном процессе в ряде высших учебных заведений. Согласно концепции подготовки современной генерации инженеров [3, 4], для специалистов и магистров, специализирующихся в области проектирования, строительства и эксплуатации морских объектов, на платформе этого комплекса проводится практикум по освоению основных его возможностей. Обучение студентов организовано в Санкт-Петербургском государственном морском университете, СПбПУ, Севастопольском государственном университете, Дальневосточном федеральном университете.
В СПбПУ опубликованы учебные

РИС. 1а. Общий вид ледостойкой платформы SPAR

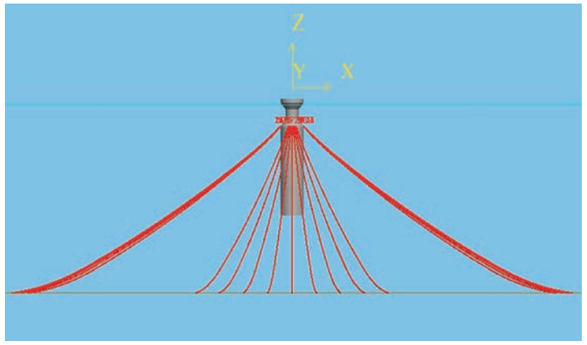
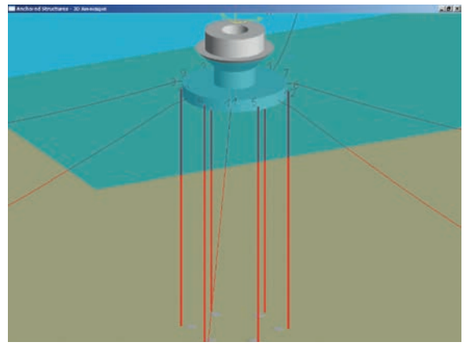


РИС. 1б. Общий вид ледостойкой платформы TLP



пособия [12, 13], в том числе доступные дистанционно в электронном формате, помогающие осваивать математическое моделирование с использованием программного комплекса «Anchored Structures».

Использование программного комплекса в научно-технических проектах

За последние 20 лет большое число значимых проектов реализовано с использованием данного программного комплекса. Несколько примеров таких проектов приводятся ниже.

В период с 2003 по 2008 гг. цикл работ, выполненных научными сотрудниками СПбПУ, был посвящен математическому моделированию плавучих заякоренных морских сооружений, предназначенных для обустройства Штокмановского газоконденсатного месторождения (ШГКМ). Акватория, где необходимо устанавливать сооружения для освоения месторождения, имеет глубину 320 м. Экстремальные внешние воздействия на сооружения обусловлены в летний период волнением с высотой волн столетней повторяемости до 27 м, льдами в зимний период времени толщиной до 3 м и прочностью 1,5 МПа.

Для этих условий в 2003 г. в ЦКБ МТ «Рубин» с нашим участием были разработаны ледостойкие конструкции платформ типа SPAR и TLP (рис. 1). Варианты систем удержания этих платформ создавались и совершенствовались на основании численных экспериментов, моделирующих в ПК «Anchored Structures» поведение платформ в условиях шторма, воздействия полей ровного или торосистого льда [17]. Подготовленные конструктивные решения затем были проверены в условиях физического эксперимента в Крыловском государственном научном центре.

В дальнейшем в 2008 г. методами математического моделирования изучены несколько вариантов сооружений (рис. 2), предложенных ЦКБ МТ «Рубин» и Компанией SDag (платформы типа SPAR и судно FPU). Выявлены существенные динамические эффекты, происходящие при взаимодействии судна с поворотной турелью с грядами торосов, и определены параметры системы удержания судна FPU, позволяющие существенно снизить опасность динамических усилий в якорных связях [16]. Полученные в рамках математического моделирования результаты впоследствии были экспериментально проверены норвежскими партнерами проекта и учтены в проекте технического задания на рабочее проектирование.

По проблемам айсберговой угрозы для объектов обустройства ШГКМ по заказу ОАО «ГНИНГИ» было выполнено вероятностное моделирование последствий возможного контакта айсбергов с корпусом объектов обустройства или с системой их удержания [15]. Рассматривалось два типа

РИС. 2а. Взаимодействие судна с поворотной турелью с полем ровного льда

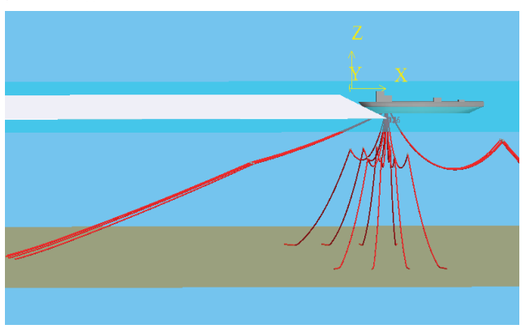


РИС. 2б. Платформа типа SPAR в безледный период

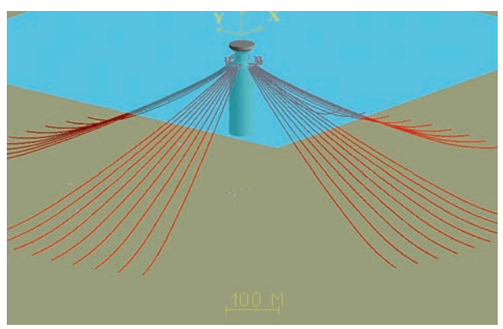


РИС. 3а. Взаимодействие судна с поворотной турелью с айсбергом

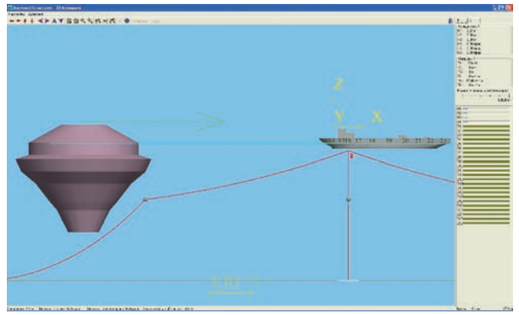
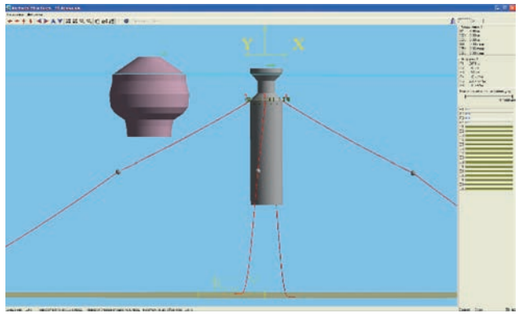


РИС. 3б. Взаимодействие судна с поворотной турелью с айсбергом



сооружений: судно с поворотной турелью и платформа типа SPAR (рис. 3).

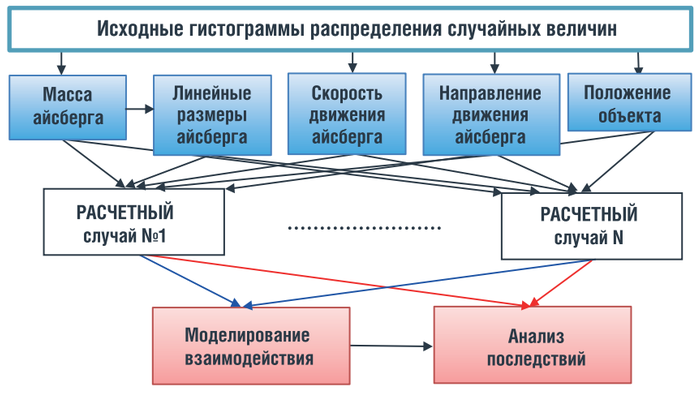
Ввиду того что ряд важнейших параметров носили случайный характер, они были представлены в форме вероятностных гистограмм. В результате множество событий, связанных с прохождением айсберга в непосредственной близости от сооружения, представлялись совокупностью расчетных случаев с вычисленной заранее вероятностью (рис. 4).

Каждый расчетный случай моделировался в программном комплексе «Anchored Structures». Для каждого варианта сооружения (заякоренного судна или платформы), находящегося в том или ином расчетном положении, последовательно моделировалось взаимодействие того или иного айсберга, движущегося из заданного исходного положения, с заданной скоростью, в заданном направлении. В результате реализации процедуры полновероятностного моделирования было получено 2160 расчетных случаев, отличающихся сочетанием значений параметров, влияющих на последствия прохождения айсберга через зону моделирования.

По итогам анализа прохождения айсберга через зону моделирования выявлены ситуации, классифицируемые как «авария», и вычислена суммарная вероятность аварии при попадании айсберга в зону постановки сооружения. Полученные вероятностные оценки подтвердили возможность эксплуатации сооружения в этой акватории (зона допустимого риска) и показали целесообразность реализации мероприятий по айсберг-менеджменту для снижения этого риска.

ПК «Anchored Structures» использовался также для математического моделирования накатки верхнего строения платформы (ВСП) «Хаттон» на опорное основание платформы, созданной для освоения месторождения «Приразломное» [9].

РИС. 4. Схема вероятностного моделирования взаимодействия айсберга с сооружением

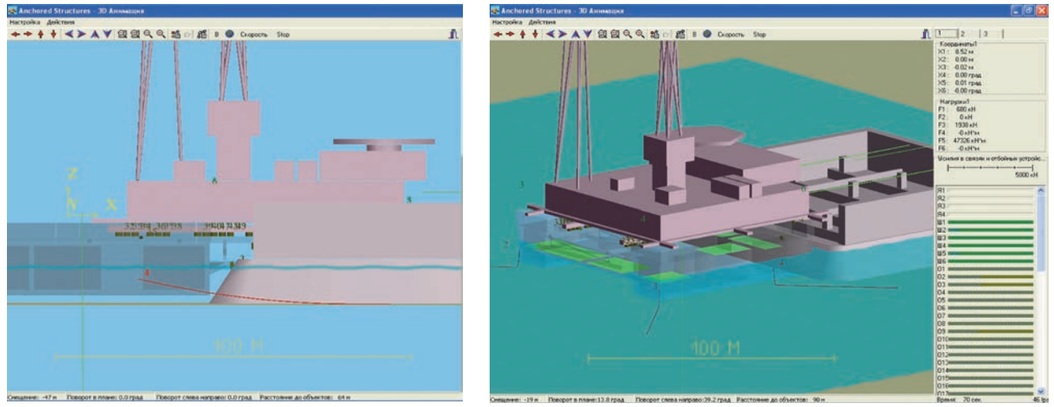


Суть операции заключалась в предварительной установке опорного кессона, доставке ВСП на барже к кессону и накатке ВСП на кессон. Использование разработанных программных средств позволило одновременно моделировать воздействие ветра, течения и волнения, гидродинамическое взаимодействие корпусов барж и кессона, а также движение ВСП вдоль палубы кессона. При этом осуществлялось моделирование во времени заполнения 30 балластных цистерн баржи для компенсации передачи веса ВСП на кессон, упор баржи в опорное основание и шарнир, обеспечивающий соединение барж с кессоном, движение транспортных тележек и контактные усилия в 25 колесных парах (рис. 5).

На основании моделирования обеспечивалось изучение динамических параметров накатки ВСП «Хаттон» на опорное основание при различных направлениях ветра, течения, волнения и некоторых случайных воздействиях. На различных фазах накатки, проверялась текущая осадка баржи в процессе передачи веса на опорное основание, контролировалась работоспособность захвата, соединяющего баржу и опорное основание.

Результаты математического моделирования использовались для обеспечения необходимого уровня безопасности данной операции. Успешно проведенная в сентябре 2006 г. силами ПО «Севмашпредприятие» с участием российских и зарубежных соисполнителей операция накатки показала, что принятые основные технические решения, основанные, в том числе, и на представленных

РИС. 5. Математическое моделирование накатки верхнего строения на опорное основание платформы «Приразломная»



авторами результатах математического моделирования, себя оправдали.

Математическое моделирование морских операций, связанных с погрузкой нефти, выполнялось авторами совместно с инженерами ОАО «ЦКБ Коралл» в 2005 г. В процессе реализации этой операции стационарный морской ледостойкий отгрузочный причал (СМЛОП), устанавливаемый в районе полуострова Варандей, отгрузочный шланг, танкер и удерживающий его буксир должны были находиться в непрерывном взаимодействии, динамические аспекты которого во многом определяли условия обеспечения допустимого уровня безопасности. Математическое моделирование было направлено на изучение поведения танкеров дедвейтом 70 000 т и 20 000 т, при стоянке в ошвартованном состоянии у причала в процессе отгрузки нефтепродуктов [7]. Полагалось, что танкеры могут быть подвержены воздействиям ветра, течения, волнения и льда. Под действием постоянных и переменных во времени сил танкер может совершать колебания в различных степенях свободы. При этом на основании математического моделирования необходимо было определить условия, при которых можно обеспечить безопасность выполнения данной операции и найти оптимальные режимы взаимодействия танкера, вспомогательного судна, швартовой системы, нефтеотгрузочного шланга для максимального расширения погодных условий, при которых гарантируется безопасность отгрузки нефтепродуктов.

Программный комплекс позволил рассчитывать внешние нагрузки на объекты, участвующие в этой морской операции, определять силы, возникающие в швартовных тросах, анализировать динамику отгрузочного шланга с учетом мгновенных значений скорости движения нефти внутри него и давления, под которым она находится.

Для всестороннего анализа поведения системы «СМЛОП – танкер – буксир» было сформировано около 400 расчетных ситуаций, различающихся дедвейтом танкера, его осадкой, режимом нерегулярного волнения, направлением распространения волн, скоростью и направлением ветра и течения, толщиной льда, упором движительного комплекса танкера и тягой буксира. С помощью программного комплекса все расчетные ситуации были последовательно промоделированы, получено общее представление о поведении системы «СМЛОП – танкер – буксир» (рис. 6).

РИС. 6. Математическое моделирование поведения системы «СМЛОП – танкер – буксир»

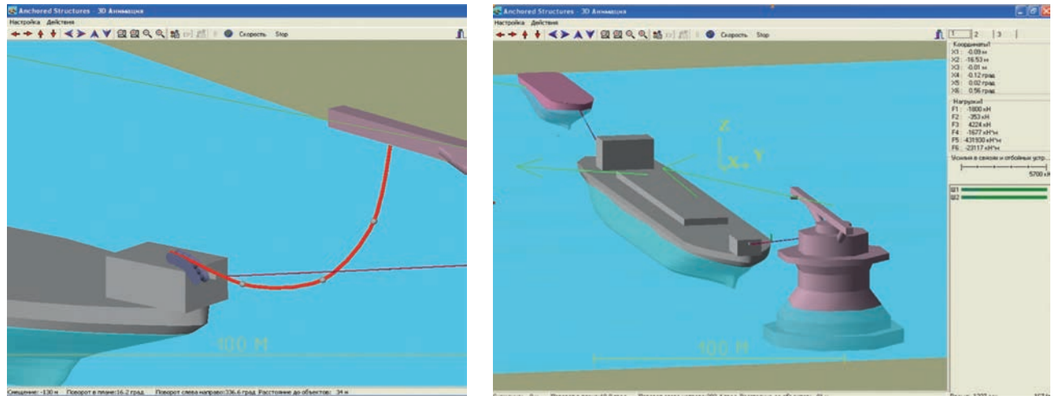


РИС. 7. Математическое моделирование поведения плавучих батопортов Комплекса защиты Санкт-Петербурга от наводнений

Кроме того, на основании проведенного численного моделирования получены результаты, позволяющие определить условия, при которых обеспечивается безопасность выполнения операций по перегрузке нефти со СМЛОП, и определены оптимальные режимы взаимодействия танкера, вспомогательного судна и швартовой системы для максимального расширения погодных условий, при которых гарантируется безопасность отгрузки нефтепродуктов. Затем полученные решения, обеспечивающие безопасность СМЛОП, были проверены с помощью физического эксперимента в Крыловском государственном научном центре в диапазоне допустимых погодных условий. Физический эксперимент подтвердил полученные ранее результаты математического моделирования. При этом объем лабораторных исследований по сравнению с численными расчетами удалось минимизировать за счет сокращения на порядок числа расчетных ситуаций, подлежащих экспериментальному моделированию. В 2007 г. этот самый северный в мире стационарный морской ледостойкий отгрузочный причал вошел в эксплуатацию и успешно функционирует до настоящего времени.

На базе разработанного программного комплекса можно создавать сложные модели, синтезирующие возможности описанных выше методологий с результатами, получаемыми из других программных комплексов. Примером такой технологии является разработанный способ решения задачи о динамике двустворчатого плавучего затвора с сегментными батопортами, входящего в состав судопропускного сооружения С-1 «Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений».

Плавучий затвор представляет собой два криволинейных водоизмещающих корпуса, которые предназначены для перекрытия судоходного канала при возникновении угрозы наводнения. Входящие в состав створки плавучего затвора – батопорты, после вывода их в рабочее положение должны быть погружены по заданному пространственно-временному закону на порог и находиться в этом положении в устойчивом состоянии, перекрывая собой судопропускной канал С-1. Посадка батопорта на порог должна осуществляться путем заполнения водой балластных цистерн, а всплытие – с помощью удаления воды из балластных цистерн.

Вопросы моделирования заполнения балластных цистерн, моделирования волновых нагрузок, расчета гидродинамических характеристик являются стандартными для программного комплекса «Anchored Structures».

Однако сложность моделирования поведения плавучего затвора в большой степени оказалась связанной с течением жидкости под батопортами, которая провоцировала развитие его автоколебаний. Для адекватного описания поведения батопортов постановка задачи обтекания в идеальной жидкости, свойственная «Anchored Structures», являлась недостаточной. В этой связи в СПбПУ в Лаборатории Прикладной Математики и Механики на многопроцессорном кластере (суперкомпьютере) было выполнено комплексное моделирование процессов обтекания вязкой жидкостью створок батопорта [8] с помощью программного комплекса CFX.

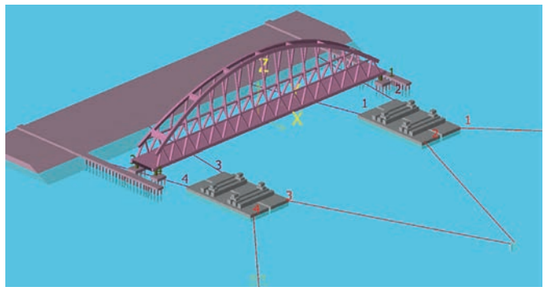
Анализ процессов обтекания позволил объяснить характер поведения батопорта в потоке вязкой жидкости, параметрически описать силы, действующие на батопорт со стороны потока и интегрировать описание этих сил в программный комплекс «Anchored Structures». На основе математического моделирования в ПК «Anchored Structures» совместно с ОАО ЦКБ МТ «Рубин», ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева» [14] был отработан алгоритм функционирования плавучего затвора, минимизированы его колебания, исследована и оптимизирована система мягкой посадки батопортов на порог (рис. 7). В настоящее время плавучий затвор с сегментными батопортами введен в эксплуатацию и уже защитил Санкт-Петербург от нескольких опасных наводнений.

Примером успешного использования программного комплекса «Anchored Structures» является также разработка уникальной морской операции, потребность в которой возникла при сооружении Крымского моста.

Мост представляет собой длинную эстакаду с пролетами от 54,2 до 64,2 м, а Керчь-Еникальский канал перекрывается арками (по одной на авто- и железнодорожном

РИС. 8. Плавучая опора (фото пресс-службы Севастопольского морского завода)

РИС. 9. Забалластированные плавучие опоры перед заведением под пролетное арочное строение (модель в ПК «Anchored Structures»)



мостах) длиной 227 м и высотой 45 м с подмостовым судоходным габаритом высотой 35 м и шириной 185 м.

Установка судоходного пролета, согласно проекту [13], должна была выполняться с помощью понтонной плавучей системы.

Плавучая система включала в себя две плавучие опоры длиной 60,2 м, шириной 16,5 м, высотой борта 5 м, соединенных между собой (рис. 8). На эти плавучие опоры надо было погрузить судоходный пролет с берегового стапеля (рис. 9), отбуксировать пролет к месту установки, а затем поднять и установить пролет на стационарные опоры Крымского моста.

Одной из наиболее сложных и ответственных задач являлось обеспечение позиционирования плавучей системы в момент передачи массивного пролетного строения со стапеля на систему плавучих опор и подъем пролетного строения с плавучей системы на стационарные опоры Крымского моста. Ввиду податливости плавучих опор, при воздействии ветра, течения и волнения система «плавучие опоры – пролетное строение» совершала колебания, которые могли стать причиной аварийной ситуации. Значительная масса этой системы, большие габаритные размеры определяют уникальность данной морской операции. Именно правильное определение параметров системы позиционирования, обеспечивающей выполнение технологических операций, связанных с перемещением плавучих опор по отдельности и плавучей системы в целом, имело огромное значение для успешного завершения важнейшего этапа строительства «Крымского моста» – этапа установки пролетных арочных строений на мостовые опоры.

Расчетный анализ, выполненный в программном комплексе «Anchored Structures», охватывал все этапы проведения морской операции, в том числе:

1) работы, выполняемые в операционной акватории «ковша» у стапеля;
2) транспортировка плавучей системы из акватории «ковша» по подходному каналу и далее по Керченскому подходному и Керчь-Еникальскому каналам к месту монтажа арочных пролетных строений;
3) позиционирование и монтаж пролетных строений в створе моста.

Требования, предъявляемые к точности позиционирования в «ковше» и в створе моста, были весьма высоки. Так, например, в условиях предельных внешних воздействий, требуемая точность позиционирования в «ковше» составляет всего лишь ±5 см, а при позиционировании в створе моста ±30 см.

Этапы выполнения морской операции были последовательно промоделированы в программном комплексе «Anchored Structures» инженерами ЦКБ «Коралл» [5, 6]. В ходе выполнения реальных операций в створе моста, выбранные с помощью программного комплекса «Anchored Structures» параметры канатов и лебедок позволили добиться при позиционировании большей точности, чем это требовалось, и позволили установить плавучую систему

РИС. 10. Позиционирование забалластированных плавучих опор под пролетным арочным строением с учетом воздействия ветра, течения и волнения со стороны открытой акватории

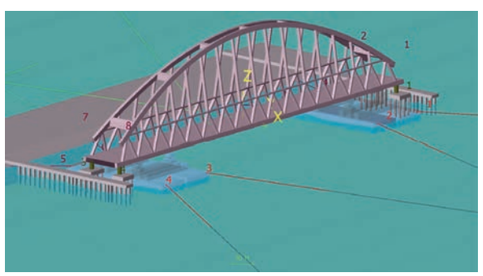


РИС. 11. Позиционирование плавучей системы в створе моста и удержание в процессе подъема пролетного арочного строения

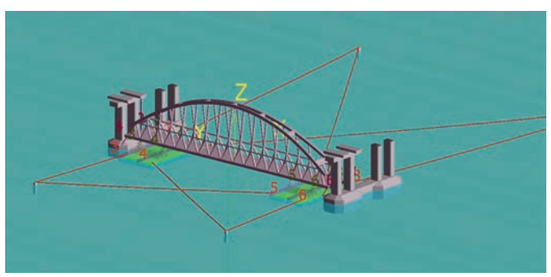


РИС. 12. Плавучая система с железнодорожным пролетным строением на оси подходного канала 27 августа 2017 г. (фото АО «ЦКБ «Коралл»)

РИС. 13. Размах качки при установке автодорожного пролетного строения (менее 5 см). Высота волнения около 0,3 м (9 октября 2017 г., фото АО «ЦКБ «Коралл»)

с пролетными арочными строениями с отклонением менее 10 см от теоретического положения. При позиционировании в «ковше» была обеспечена необходимая точность ±5 см, а погрузка пролетных строений выполнена на проектные точки опирания (рис. 10–13).

Заключение

Разработанные методологии математического моделирования поведения морских плавучих объектов, реализованные в программном комплексе «Anchored Structures», одобрены Российским Морским Регистром Судоходства, комплекс включен в Единый Реестр российских компьютерных программ и используется рядом известных научно-исследовательских и проектных организаций.

На основе использованных методологий и с помощью единого программного комплекса удается осуществить моделирование поведения самых различных морских плавучих объектов на разных этапах их возведения или эксплуатации, в различных режимах их функционирования, при тех или иных внешних воздействиях. С помощью анализа широкого перечня моделируемых ситуаций удается принять наиболее обоснованные проектные решения, оптимизирующие конструкцию плавучего объекта или системы его удержания и обеспечивающие приемлемый уровень безопасности морских объектов. ●

Литература

1. *Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. – СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2018. – 479 с.*
2. *СП 38.13330.2018 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). СНиП 2.06.04-82* – М: Стандартинформ, 2019. – 102 с.*
3. *Альхименко А.И. Информационные технологии как ключевой элемент при подготовке нового поколения инженеров-строителей / А.И. Альхименко, А.С. Большев, А.А. Тучков, И.Б. Фертман // – САПР и графика. – 2002.– № 12. – С. 70–73.*
4. *Альхименко А.И. Подготовка нового поколения инженеров-строителей / А.И. Альхименко, А.С. Большев, Н.И. Ватин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – № 1, СПб.: изд. СПбГПУ. – 2007. – С. 74–79.*
5. *Благовидова И.Л. Математическое моделирование операций по установке пролетных строений Крымского моста / И.Л. Благовидова, А.С. Большев, А.В. Пьянов // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. – 2018.– Том 24. – № 2. – С. 183–199.*
6. *Благовидова И.Л. Проектирование и реализация морской операции по установке пролетных строений Крымского моста / И.Л. Благовидова, А.С. Большев, А.В. Пьянов // Научно-технический сборник РМРС. – 2018. – вып. 52/53. – С. 6–22.*
7. *Большев А.С. Математическое моделирование и программное исследование работы системы «Морской отгрузочный причал – Танкер – Буксир» / А.С. Большев, И.Л. Благовидова, С.А. Фролов // Сборник трудов конференции «Освоение арктического шельфа России». – 2007.*
8. *Большев А.С. Исследования гидродинамических воздействий и доработка системы мягкой посадки батопортов плавучего затвора С-1 комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений / А.С. Большев, В.И. Климович, В.А. Чернецов, Е.П. Петухов // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – 2013. – Т. 268. – С. 85–116.*
9. *Большев А.С. Математическое моделирование процесса накатки верхнего строения на опорное основание морской платформы Приразломного нефтяного месторождения / А.С. Большев, Е.Е. Торопов, С.А. Фролов // М.: Журнал «Гидротехническое строительство». – № 5. – 2007. – С. 70–75.*
10. *Большев А.С. Математическое моделирование взаимодействия поля ровного льда с морским гидротехническим сооружением наклонного профиля / А.С. Большев, С.А. Фролов // М.: Журнал «Гидротехническое строительство». – № 4. – 2019. – С. 39–47.*
11. *Большев А.С. Математическое моделирование поведения морских плавучих объектов в программном комплексе «Anchored Structures» / А.С. Большев, С.А. Фролов, М.А. Кутейников // Науч.-техн. сб. Российского морского регистра судоходства. – 2013. – № 36. – С. 68–90.*
12. *Большев А.С. Математическое моделирование поведения морских сооружений в среде «Anchored Structures» / А.С. Большев, С.А. Фролов, Т.В. Филиповская // Учебное пособие. – СПб.: СПбПУ. – 2019. – 140 с.*
13. *Большев А.С. Математическое моделирование морских операций в среде «Anchored Structures» / А.С. Большев, С.А. Фролов, Т.В. Филиповская // Учебное пособие.– СПб.: СПбПУ. – 2019. – 57 с.*
14. *Большев А.С. Система мягкой посадки плавучего затвора судопропускного сооружения С-1 комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений / А.С. Большев, В.А. Чернецов, С.А. Фролов, Т.В. Филиповская // Инженерно-строительный журнал. – № 9. – 2012. – С. 103–112.*
15. *Гасников О.А. Результаты моделирования сценариев взаимодействия айсбергов с морскими нефтегазодобывающими комплексами / О.А. Гасников, К.Г. Ставров, А.С. Большев, К.Н. Шхинек // Журнал Навигация и картография. – СПб.: изд. Гос. научно-исследовательского навигационно-гидрографического института. – Вып. 39. – 2015. – С. 25–32.*
16. *Шхинек К.Н. Математическое моделирование взаимодействия ровного льда и торосов с заякоренными плавучими сооружениями типа FPU и платформами типа SPAR / К.Н. Шхинек, А.С. Большев, С.А. Фролов, С.В. Балагура // Научно-технический сборник РМРС. – вып. 32.– 2009. – С. 93–108.*
17. *Шхинек К.Н. Математическое моделирование воздействия ровного льда на плавучие заякоренные сооружения для Штокмановского месторождения / Шхинек К.Н., Большев А.С., Фролов С.А., Малютин А.А., Чернецов В.А. // Сборник трудов конференции «Освоение арктического шельфа России». – 2005. – С. 118–122.*
18. *Bolshev A. Mooring system optimization for marine floating hydrotechnical structures/ A. Bolshev, S. Frolov, E. Shonina// Journal "Magazine of Civil Engineering". – 2022. – 111 (3). – Article No. 11112.*
19. *Garrison C.J. Wave forces on submerged bodies / C.J. Garrison, P.Y. Chow // American Society of Civil Engineers, New York: USA. – Journal of the Waterways, Harbors and Coastal Engineering Division. – vol. 98. – No. WW3. – Pp. 375–392.*

KEYWORDS: *mathematical modeling, software package, nature of the load, ship with a rotating turret, SMLOP, floating gate, installation spans of the Crimean bridge, platform Prirazlomnaya.*

ПОЛЬША НЕ НАМЕРЕНА ОТМЕНЯТЬ ЭМБАРГО НА РОССИЙСКИЙ УГОЛЬ

radio ZET

Польша не планирует возобновлять импорт российского угля, заявила министр климата и окружающей среды страны А. Москва. «Отмена эмбарго на уголь из России? Мы абсолютно не считаем это возможным по двум причинам. Во-первых, мы не хотим никакого финансирования Российской Федерации. Во-вторых, следующий сезон будет намного проще: мы можем импортировать, мы увеличили добычу», – уверяет министр.

По мнению политика, для каждого жителя Польши важна безопасность в широком смысле слова – не только энергетическая. «А любая поддержка Российской Федерации является действием, нарушающем нашу безопасность», – подчеркнула А. Москва.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СТОРОНА ЦЕНОВОГО ПОТОЛКА НА РОССИЙСКУЮ НЕФТЬ

Forbes

В сентябре члены G7 договорились ограничить цены на нефть из России.

Чтобы осмыслить последствия такой политики, стоит понять, что ни один производитель не оказывает существенного влияния на цены. То есть, если бензин в Нью-Йорке дороже, чем в Коннектикуте, компании отправят все свое топливо в Нью-Йорк. В результате цена там начнет снижаться, а в Коннектикуте – расти, пока стоимость топлива в этих штатах не сравняется. Экстраполируя эту логику на международные рынки, несложно понять, что, если Европа и США запретят импорт российской нефти, Москва начнет продавать сырье другим странам. И здесь в игру вступает ценовое ограничение, которое Запад рассматривает как инструмент, расширяющий охват антироссийских санкций на большее число стран. На первый взгляд, эта политика мало чем отличается от непосредственного запрета. Предчувствуя такой поворот, вводятся дополнительные ограничения на финансовые и страховые услуги для компаний, перевозящих российскую нефть.

Ситуацию усугубляет также решение ОПЕК+ сократить добычу. Это может повлечь рост цен в тот момент, когда США и Европа пытаются их сдержать. Введение ценового потолка действительно может уменьшить доходы России от продажи нефти, но это не гарантировано. Такой шаг может привести к обратному результату, спровоцировав новый виток глобальной нестабильности.

ПОСЛЕ УХОДА С РОССИЙСКОГО РЫНКА ВЕРНУТЬСЯ ОБРАТНО БУДЕТ ТРУДНО

Talouselämä

Репутация России серьезно пошатнулась. Теперь мало кто хочет с ней сотрудничать и инвестировать. По оценке генерального директора EastCham Finland Я. Реколайнен, на восстановление торговых связей уйдут годы. Восстановление потока инвестиций может быть еще более долгим. «Для возвращения доверия инвесторов, вероятно, потребуется не одно поколение», – говорит Реколайнен. После ухода с рынка вернуться обратно довольно тяжело, считает П. Вуорио, руководитель Ассоциации финских предпринимательств. Есть не только технические, но и моральные преграды. «Ситуация с иностранными инвестициями испорчена на несколько десятилетий», – сказал П. Вуорио. В отличие от большинства финских компаний, многие предприятия из Центральной Европы стремятся продолжить свою деятельность в России. Однако профессор Высшей школы экономики К. Лиухто призывает иностранные фирмы, продолжающие работу в России, покинуть страну.

По его словам, иностранные организации могут лишиться своей собственности сразу же, когда их наделят титулом учреждений, стратегически важных для России. Россия делает все возможное, чтобы вернуть финские компании, однако Лиухто говорит, что даже российские олигархи больше не открывают фирмы в России. Политические риски слишком велики, и олигархи часто осуществляют руководство бизнесом в России из западных стран. ●

ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ООО «НПП НЕФТЕХИМ»:

ликвидация слабых звеньев производственного процесса на российских НПЗ

В СВЯЗИ С ВВЕДЕННЫМИ В 2022 ГОДУ САНКЦИЯМИ РОССИЙСКИЕ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЕ КОМПАНИИ ИСПЫТЫВАЮТ ВЫСОКУЮ ПОТРЕБНОСТЬ В ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ, КАТАЛИЗАТОРАХ И ОБОРУДОВАНИИ. ПО ЭКСПЕРТНЫМ ОЦЕНКАМ, В 2021 ГОДУ ОКОЛО 50% РОССИЙСКОГО АВТОМОБИЛЬНОГО БЕНЗИНА ПРОИЗВОДИЛОСЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНОСТРАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ, ИЗОМЕРИЗАЦИИ И РИФОРМИНГА. ПОСТАВКИ ЭТИХ КАТАЛИЗАТОРОВ ИЗ-ЗА РУБЕЖА СЕГОДНЯ НЕВОЗМОЖНЫ, ЧТО СТАВИТ ПОД УГРОЗУ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫМ ТОПЛИВОМ ВСЕГО АВТОМОБИЛЬНОГО РЫНКА В РОССИИ. И ЕСЛИ В ОТДЕЛЬНЫХ РЕГИОНАХ С РАЗВИТОЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКОЙ ЭТИ ПОТРЕБНОСТИ МОГУТ БЫТЬ БЫСТРО ЗАМЕЩЕНЫ ПРОДУКЦИЕЙ ИЗ СОСЕДНИХ РЕГИОНОВ, ТО ДЛЯ ТАКИХ РЕГИОНОВ, КАК, НАПРИМЕР, ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ ИЛИ ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ, ПЕРЕРЫВЫ В ПОСТАВКАХ БЕНЗИНА МОГУТ СЕРЬЕЗНО СКАЗАТЬСЯ НА ВСЕЙ ГРАЖДАНСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ ЭТИХ РЕГИОНОВ. ПРИ ЭТОМ ИНОСТРАННЫЕ ПОСТАВКИ МОГУТ БЫТЬ УСПЕШНО ЗАМЕНЕНЫ НА КАТАЛИЗАТОРЫ РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

DUE TO THE SANCTIONS INTRODUCED IN 2022, RUSSIAN OIL REFINERIES ARE EXPERIENCING A HIGH NEED FOR DOMESTIC TECHNOLOGIES, CATALYSTS AND EQUIPMENT. ACCORDING TO EXPERT ESTIMATES, IN 2021, ABOUT 50% OF RUSSIAN MOTOR GASOLINE WAS PRODUCED USING FOREIGN CATALYSTS FOR HYDROTREATING, ISOMERIZATION AND REFORMING. TODAY, DELIVERIES OF THESE CATALYSTS FROM ABROAD ARE IMPOSSIBLE, WHICH JEOPARDIZES THE PROVISION OF HIGH-QUALITY FUEL TO THE ENTIRE AUTOMOTIVE MARKET IN RUSSIA. AND IF IN SOME REGIONS WITH DEVELOPED OIL REFINING THESE NEEDS CAN BE QUICKLY REPLACED BY PRODUCTS FROM NEIGHBORING REGIONS, THEN FOR SUCH REGIONS AS, FOR EXAMPLE, THE IRKUTSK REGION OR THE KHABAROVSK TERRITORY, INTERRUPTIONS IN THE SUPPLY OF GASOLINE CAN SERIOUSLY AFFECT THE ENTIRE CIVILIAN INFRASTRUCTURE OF THESE REGIONS. AT THE SAME TIME, FOREIGN SUPPLIES CAN BE SUCCESSFULLY REPLACED BY RUSSIAN-MADE CATALYSTS

Ключевые слова: *катализаторы, нефтеперерабатывающий завод, бензин, импортозамещение, риформинг.*

УДК 66.095.21.097.3; 665.644.442

Шакун Александр Никитович

генеральный директор ООО «НПП Нефтехим», лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, к.х.н.

Уже более 20 лет ООО «НПП Нефтехим» успешно конкурирует на российском и международном рынке с ведущими иностранными поставщиками катализаторов изомеризации и риформинга. Разработанные еще в начале нулевых годов катализаторы и технологии за минувшие годы были усовершенствованы в собственной лаборатории ООО «НПП Нефтехим» и ушли далеко вперед от устаревших западных аналогов. Сегодня все иностранные катализаторы изомеризации, риформинга и гидроочистки бензиновых фракций могут быть успешно заменены на российские с повышением эксплуатационной надежности и качества продукции.

ТАБЛИЦА 1. Сравнение промышленных технологий изомеризации

Наименование показателя	Технологии на хлорированных катализаторах	Технология Par-Isom	Технология Изомалк-2 на катализаторе СИ-2
Температура на входе в реакторы, °С	120–170	130–220	120–160
Давление, МПа	3,2–3,8	2,8–3,6	2,8–3,6
Объемная скорость, час$^{-1}$	1,0–2,0	2,0–3,0	2,0–3,0
Мольное отношение H_2 : сырье	0,07–0,15	1,5–2,5	1,5–2,5/0,07–0,15*
Срок службы катализатора, лет	3–5	8–10	10-15
Необходимость периодической регенерации	нет	да	нет
Необходимость адсорбционной доочистки сырья от примесей воды	да	нет	нет / с меньшей периодичностью регенерации адсорбента*
Необходимость адсорбционной доочистки сырья от примесей серы и азота	да	нет	нет
Устойчивость к проскокам каталитических ядов	безвозвратная дезактивация	активность восстанавливается	активность восстанавливается
Подача хлорирующего реагента	да	нет	нет
Продукты защелачивания	да	нет	нет
Октановое число общего изокомпонента по различным схемам процесса, пункты и.м.: • «за проход» • ДИГ • ДИП+ДП+ДИГ/ДИП+Супер-ДИГ	 81–85 88–89 91–93	 80–84 86–88 90–92	 81–85 88–89 91–93
Выход высокооктанового изокомпонента, %	86–90	96-97	97–98
Выход низкооктанового изокомпонента (ИОЧ ~76), %	6–12	0,5	0,5
Эксплуатационные затраты для схемы «за проход», относительные, включая затраты на реагенты и катализаторы	1,0	0,6	0,6/0,5*

* Для технологии Изомалк-2М на катализаторе СИ-2Б

В текущих реалиях деятельность ООО «НПП Нефтехим» по разработке, производству и поставке современных катализаторов приобретает стратегически важное значение для импортной независимости России в области ТЭК.

Чтобы подробнее узнать о достижениях российской науки и промышленности в этой области, мы побеседовали с генеральным директором ООО «НПП Нефтехим» – Александром Никитовичем Шакуном.

– Александр Никитович, расскажите подробнее – в чем главные преимущества технологий и катализаторов, разработанных под Вашим руководством?

– Если говорить о катализаторах изомеризации бензиновых фракций, катализаторах марки СИ-2, то главными преимуществами, несомненно, являются высокая надежность, устойчивость к отклонениям в составе сырья и содержанию в нем примесей. Катализаторы изомеризации СИ-2 непрерывно эксплуатируются на протяжении 10–15 лет с сохранением всех гарантированных показателей активности и селективности процесса. При этом не требуется проведение регенерации – специальной операции по удалению кокса и загрязняющих веществ с поверхности катализатора. Если регенерация СИ-2 и проводилась на некоторых установках, то это было вызвано в основном необходимостью выгрузки для проведения инспекции реакторов. Во всех остальных случаях катализатор превосходно работает без регенерации в течение всего гарантийного срока, а это 10–15 лет. Это практически невозможно представить для иностранных катализаторов, которые пользовались спросом на российском рынке до введения санкций.

– С учетом этих преимуществ как выглядит спрос на катализаторы изомеризации в 2022 году?

– Сейчас технология «Изомалк-2» на базе катализатора СИ-2 насчитывает уже 37 референций, из которых 18 – уже реализованные проекты. Остальные находятся сейчас на разной стадии проектирования и строительства. Большинство наших проектов реализуются в России, но есть также и в других странах. Множество проектов в последние годы реализовалось в Китае. Мы смогли выиграть в жесткой конкурентной борьбе с иностранными фирмами шесть

ТАБЛИЦА 2. Показатели работы установки изомеризации АО «Ачинский НПЗ ВНК» до и после замены хлорированного катализатора изомеризации на катализатор СИ-2 в 2021 году

Наименование показателя	I-82	СИ-2
ИОЧ смеси дистиллята ДИГ и кубового продукта ДИГ, пункты	84–86	86–88
ИОЧ дистиллята ДИГ, пункты	87–88	87–88
ИОЧ кубового продукта ДИГ, пункты	69–73	68–72
Выход дистиллята ДИГ на сырье установки, % масс.	80–84	91–96
Выход кубового продукта ДИГ на сырье установки, % масс.	14–18	2–6
Объемная скорость подачи сырья, $ч^{-1}$	1,1–1,3	2,3–2,5

проектов в Китае, один проект в Индии, один в Пакистане, один в Ираке. И к тому же при поддержке наших партнеров мы реализовали два проекта замены хлорированного катализатора на Ближнем Востоке. Мы открыты к сотрудничеству и с другими странами. Однако сейчас большую потребность в нашей продукции испытывает именно российский рынок. Мы делаем все возможное для того, чтобы этот спрос был удовлетворен качественной продукцией нашего, отечественного производства.

– Вы сказали, что реализовали два проекта на Ближнем Востоке по замене хлорированного катализатора. Расскажите подробнее об этом опыте. Требуется ли модернизация оборудования при замене этого типа катализаторов на СИ-2?

– Нет, никакой модернизации существующего оборудования не требуется. Мы усовершенствовали свою технологию и катализатор, адаптировав ее для эксплуатации в тех условиях, в которых применяются хлорированные катализаторы изомеризации.

Хлорированные катализаторы изомеризации получили широкое распространение и в России, и по всему миру, поскольку обладают высокой активностью и селективностью. Однако у них масса недостатков:

- чувствительность к примесям каталитических ядов, отравление катализатора вследствие проскока влаги в сырье – нередкая причина вынужденной замены катализатора на установках;
- срок службы хлорированных катализаторов существенно ниже, чем для СИ-2, обычно он не превышает 5 лет,
- необходимость постоянной подачи содержащих хлор реагентов в сырье и вследствие этого повышенная коррозия оборудования, приводящая иногда к внеплановым остановам,
- хлор, подаваемый в сырье, требуется удалять из углеводородного газа, образующегося в процессе. Для этого обычно используется щелочная очистка, соответственно на установке постоянно присутствуют щелочные отходы.

Технология Изомалк-2, использующая нехлорированный катализатор СИ-2, не имеет перечисленных недостатков. При этом обеспечивается требуемый уровень активности на протяжении всего срока эксплуатации. После перехода на катализатор СИ-2 срок жизни оборудования на установке может быть продлен и для этого не требуется никаких специальных мероприятий, кроме самой замены катализатора.

– Есть ли в России опыт замены хлорированного катализатора на катализатор СИ-2?

– Такой опыт есть. В 2021 году мы полностью заменили хлорированный катализатор на катализатор СИ-2 на установке Penex (UOP, США) на Ачинском НПЗ. Это не потребовало никаких изменений в существующей технологической схеме, кроме отключения подачи хлорирующего реагента и блока защелачивания газов колонны стабилизации. В результате замены удалось увеличить выход высокооктанового изомеризата – дистиллята колонные деизогексанизации, снизить эксплуатационные затраты установки за счет отсутствия подачи реагентов. Таким образом, эффективность работы установки была повышена после замены хлорированного катализатора на СИ-2.

– Что бы вы могли рассказать о достижениях в области риформинга бензиновых фракций? Есть ли в России

РИС. 1. Установка изомеризации, АО «Ачинский НПЗ ВНК», 2021 г.

ТАБЛИЦА 3. Сравнение основных показателей работы катализаторов риформинга бензиновых фракций на установках с периодической регенерацией катализатора, производимых ООО «НПП Нефтехим»

Показатели процесса	Катализаторы НПП Нефтехим			Катализаторы ведущих мировых производителей
	REF-Ultra	REF-130	REF-125	
ИОЧ риформата	до 99	96–98	96–98	96–98
Выход риформата C_{5+}, % масс.	86–90	85–89	85–89	85–89
Выход водорода, % масс.	2,3–2,7	2,3–2,7	2,3–2,6	2,3–2,6
Срок службы катализатора, не менее, лет	8–10	8–10	8–10	до 8
Межрегенерационный период, мес.	24–30	18–24	18–24	18–24

аналоги иностранных катализаторов и какие катализаторы наиболее востребованы сегодня?

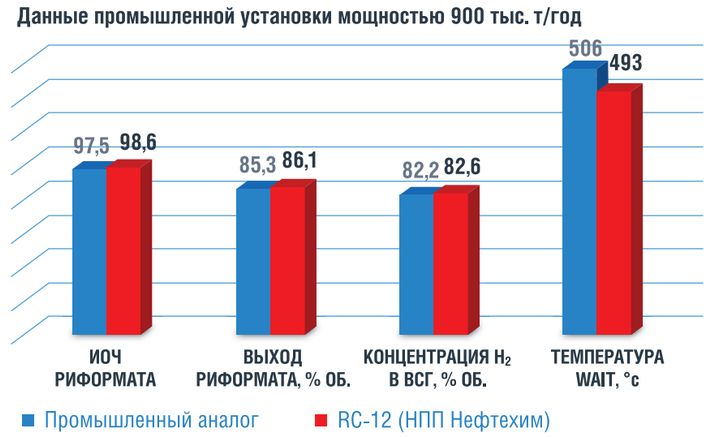
– Процесс каталитического риформинга бензиновых фракций является важным элементом нефтеперерабатывающей промышленности, основной продукт установок которого – высокооктановый компонент с высоким содержанием ароматических углеводородов, широко используемый в производстве бензинов. Также процесс риформинга является главным в производстве ароматических углеводородов для нефтехимической отрасли.

Сегодня существует два типа установок риформинга – со стационарным слоем и с движущимся слоем катализатора. В ООО «НПП Нефтехим» разработаны собственные катализаторы для обоих типов уставок риформинга – серия REF для работы в стационарном слое и серия RC для работы в движущемся слое. Эти катализаторы могут полностью заместить иностранные аналоги. Возможна как полная, так и частичная замена на действующих установках без модернизации оборудования.

Катализаторы серии REF – это современные полиметаллические катализаторы на основе высокочистого оксида алюминия с добавлением специально разработанного в ООО «НПП Нефтехим» стабилизирующего и промотирующего комплекса компонентов.

Серия REF обладает более высокой стабильностью по сравнению с существующими иностранными аналогами. Под стабильностью понимается сохранение активности катализатора в течение длительного периода времени в режиме получения октанового числа риформата 98 пунктов с максимальным выходом. Чем выше этот показатель, тем длиннее период эксплуатации без регенерации. Сегодня это главный показатель качества катализаторов стационарного риформинга.

РИС. 2. Результаты промышленного опыта замены импортного катализатора на катализатор RC-12 на установке риформинга с непрерывной регенерацией на Ближнем Востоке



Катализатор полностью выполняет все заявленные гарантии по показателям выхода и октанового числа риформата. Сейчас в линейке RC три основные марки катализатора непрерывного риформинга, которые могут успешно использоваться для замены импортных аналогов.

Таким образом, можно заключить, что Россия готова перейти на отечественные марки катализаторов изомеризации и риформинга бензиновых фракций. При этом российские НПЗ только выиграют от этого перехода. Сроки поставки, российская валюта, техническая поддержка на родном языке, повышение эксплуатационной надежности – все это положительно скажется на российской нефтепереработке.

KEYWORDS: *catalysts, oil refinery, gasoline, import substitution, reforming.*

ПЛАВУЧИЕ ЭНЕРГОБЛОКИ

как комплексное решение для энергоснабжения в Арктике

УДК 629.039.58

СТРОИТЕЛЬСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ ПРЕДСТАВЛЯЕТСЯ СЕГОДНЯ ОДНИМ ИЗ НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВЕКТОРОВ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ВВИДУ ВОСТРЕБОВАННОСТИ УСТОЙЧИВЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА УДАЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ И ТЕРРИТОРИЯХ С ОГРАНИЧЕННОЙ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ

THE CONSTRUCTION AND USE OF LOW-POWER NUCLEAR POWER PLANTS SEEMS TO BE ONE OF THE MOST PROMISING VECTORS FOR THE DEVELOPMENT OF THE GLOBAL NUCLEAR INDUSTRY TODAY, INCLUDING DUE TO THE DEMAND FOR SUSTAINABLE ENERGY SOURCES IN REMOTE AREAS AND WITH LIMITED NETWORK INFRASTRUCTURE ONES

Ключевые слова: *атомные станции, малая энергогенерация, освоение Арктики, инфраструктура, энергообеспечение.*

Аптекарев Владимир Владимирович

директор по судостроению и ОПЭБ, АО «Атомэнергомаш»

На фоне других источников генерации атомные станции малой мощности (АСММ) выглядят очень выигрышно: они не только экологичны, но и позволяют решить вопрос с тарификацией – обеспечить стабильную стоимость электроэнергии на годы, а также могут быть использованы для обеспечения теплоснабжения различных объектов.

Потенциально высокий спрос на АСММ может быть обеспечен не только за счет «гибкости» подобных станций в плане мощности, но и за счет большего количества вариантов их исполнения – речь идет не только о наземной, но и о плавучей версии АЭС.

Госкорпорация «Росатом» обладает технологическим преимуществом перед конкурентами в сегменте АСММ в плавучем исполнении за счет наличия референтных решений в области реакторных установок, судовых решений, производственных мощностей и устойчивой кооперации, которая используется при строительстве ледоколов и в головном проекте плавэнергоблоков – плавучей атомной электростанции (ПАТЭС) «Академик Ломоносов».

Ровно два года назад первая в мире плавучая атомная теплоэлектростанция (ПАТЭС) «Академик Ломоносов» пришвартовалась в порту Певека, самого северного города России, расположенного на Чукотке.

ПАТЭС представляет собой судно 144 метра в длину и 30 метров в ширину, водоизмещением 21,5 тыс. тонн. Реакторную установку для него – КЛТ-40С – разработало входящее в АО «Атомэнергомаш» предприятие АО «ОКБМ Африкантов». На плавэнергоблоке стоят две такие реакторные установки, вырабатывающие электрическую (до 70 Мвт) и тепловую (до 50 Гкал/ч) энергию.

В Певеке находятся золоторудные и горно-геологические компании, пищекомбинат, метеостанция, морской порт, а также привычная для любого другого города инфраструктура – школы, детские сады и пр. Сейчас станция обеспечивает электроэнергией более 50 % потребителей в Чукотском автономном округе. Если говорить о масштабах всего региона, то, если бы не изолированность энергетического узла, в котором находится «Академик Ломоносов», станция могла бы уже в 2021 году выработать 23 % – 160 млн кВт·ч – от годового потребления всей Чукотки. Ожидается, что с ростом добывающих объектов в районе Певека к 2030 году потребление в этом узле достигнет 190 млн кВт·ч, и плавучая станция с этой нагрузкой справится самостоятельно.

ПАТЭС «Академик Ломоносов» стала «родоначальницей» целого семейства плавэнергоблоков, организацией серийного производства которых в настоящее время занимается машиностроительный дивизион Госкорпорации «Росатом» – АО «Атомэнергомаш».

Самое ближайшее развитие идеи плавучих атомных станций малой мощности – проект по энергоснабжению Баимской рудной зоны. В рамках договора, заключенного в 2021 году, АО «Атомэнергомаш» поставит для проекта четыре плавучих атомных станции до 110 МВт электрической мощности каждая. При этом три ПЭБа будут основными, а четвертый – подменным. Исходя из сжатых сроков проекта, для Баимки будет использована промежуточная версия ПЭБа – модернизированный плавучий энергоблок (МПЭБ). Корпус судна и большая часть оборудования будут производиться по доработанному проекту «Академика Ломоносова», при этом будет модернизировано самое главное – энергетическая установка. Вместо реактора КЛТ-40С «сердцем» плавэнергоблоков для Баимки станет РИТМ-200С – большей, чем КЛТ-40С, мощности и с увеличенной топливной кампанией. Проектом также предусмотрена установка более мощной турбины для обеспечения выдачи 106 МВт с борта одного ПЭБ.

РИТМ-200 – это судовая реакторная установка, принципиально новое решение, не имеющее аналогов в мире и существенно отличающееся от предыдущих поколений судовых реакторов. В реакторах серии РИТМ применена интегральная компоновка (в отличие от блочной – на предыдущих поколениях РУ) с расположением парогенераторов внутри корпуса реактора. Именно эта особенность делает РИТМы в полтора раза легче и почти в два раза компактнее своих предшественников. Кроме того, РИТМы почти на 20 % мощнее своих предшественников. Иными словами, с учетом этих отличий РИТМы позволяют производить электроэнергию более экономными способами.

> РИТМ-200 – судовая реакторная установка, с интегральной компоновкой и расположением парогенераторов внутри корпуса реактора, что делает РИТМы в 1,5 раза легче и в 2 раза компактнее, на 20 % мощнее предшественников и, как следствие, более экономичными

Проект по энергоснабжению Баимской рудной зоны станет первой «серийной» референцией по плавэнергоблокам. Серьезная конструкторская доработка ПАТЭС и использование новой реакторной установки делают плавэнергоблоки как продукт доступнее для клиентов в плане стоимости и «серийности» – в плане количества единиц и сроков их изготовления. Кроме того, за счет оптимизации технических решений у новых ПЭБов снижена себестоимость производства электроэнергии. А в связи с независимостью от рыночной цены на топливо (нефть/газ) при использовании плавэнергоблоков заказчик заранее также получает понимание себестоимости электроэнергии в течение всего жизненного цикла станции.

В 2021 году на Восточном экономическом форуме было подписано соглашение с компанией «Глобалтэк» по проекту энергообеспечения газового комплекса с использованием плавучих АЭС. Это проект по добыче и производству сжиженного природного газа (СПГ) в Якутии. В частности, ООО «Глобалтэк» заинтересовано в обеспечении завода по переработке СПГ энергоисточниками суммарной мощностью порядка 800 МВт. Здесь речь идет о потребности в увеличении единичной мощности ПЭБ до 200 МВт (эл.). Поэтому в настоящее время Атомэнергомаш работает над следующей версией плавэнергоблока, в два раза более мощной, на базе реактора РИТМ-400. Соответственно, новая – более мощная – версия ПЭБа также предполагает более мощную турбину и другой корпус.

Реализация проекта энергообеспечения газового комплекса за счет ПЭБ позволит осуществить потенциальный выход на новый интегрированный продукт по применению атомных плавучих энергоблоков для проектов по производству СПГ и плавучих газохимических комплексов, а также продемонстрировать весь спектр возможностей технологии плавучих энергоблоков и подтвердить ее мощный потенциал как для развития Арктики и реализации крупных промышленных проектов в удаленных от энергетической инфраструктуры районах России, так и для мирового рынка.

Плавучие энергоблоки – это логическое продолжение работы АО «Атомэнергомаш» на рынке судостроения и одно из самых перспективных новых направлений атомной энергетики. По сути, это плавучая электростанция малой мощности, которую можно отбуксировать к прибрежному городу, не попадающему в охват единой энергетической системы страны, и применять везде, где есть потребность в мобильном энергоисточнике малой и средней мощности.

> По сравнению с наземными станциями аналогичного назначения, плавучие АЭС имеют меньшие сроки ввода в эксплуатацию и подачи мощности за счет более простых нормативов и гибких комплексов применяемых технических решений. При этом атомная плавучая генерация является «зеленым» видом энергетики, в отличие от той же самой генерации на СПГ и уж тем более на дизеле, у которых тоже есть мобильные исполнения

Подводя итог, к преимуществам ПЭБ можно отнести способность обеспечить потребности удаленных территорий и энергоемких коммерческих и промышленных объектов в электроэнергии, при этом осуществив переход в сторону экологически чистого источника электроэнергии, мобильность и оперативность ввода в эксплуатацию, возможность гибкого наращивания мощности за счет дополнительных блоков при наличии действующего флота, а также эффективное управление затратами за счет прогнозируемой стоимости электроэнергии на протяжении всего 60-летнего жизненного цикла ПЭБ. Реализация таких проектов осуществляется и будет осуществляться в большей степени силами отечественных предприятий, при локализации в 90 % и более.

Плавэнергоблоки имеют, без сомнения, большой коммерческий потенциал не только в России, но и за рубежом: интерес к ним уже проявляют Латинская Америка, Юго-Восточная Азия и Африка. Проработки экспортного варианта оптимизированного плавучего энергоблока (ОПЭБ) в тропическом исполнении уже ведутся. ●

Keywords: *nuclear power plants, small power generation, Arctic development, infrastructure, energy supply.*

ХЛАДОСТОЙКИЕ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ СТАЛИ И СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ:

вопросы аттестации

УДК 629.5; 620.193

ОСВОЕНИЕ РЕСУРСОВ СЕВЕРА РОССИИ, ВКЛЮЧАЯ ОКЕАНСКИЙ ШЕЛЬФ, ЯВЛЯЕТСЯ ОДНОЙ ИЗ ПРИОРИТЕТНЫХ ЗАДАЧ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ. СПЕЦИАЛИСТАМ НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» – ЦНИИ КМ «ПРОМЕТЕЙ» ПРИНАДЛЕЖИТ РЯД НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК, НАПРАВЛЕННЫХ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К МАТЕРИАЛАМ АРКТИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ. В ТОМ ЧИСЛЕ ОБОСНОВАНЫ ТРЕБОВАНИЯ К ХЛАДОСТОЙКИМ СВАРИВАЕМЫМ КОНСТРУКЦИОННЫМ СТАЛЯМ, СОЗДАНЫ НОВЫЕ МАРКИ СТАЛИ ШИРОКОГО СПЕКТРА ПРОЧНОСТИ, УДОВЛЕТВОРЯЮЩИЕ ТАКИМ ТРЕБОВАНИЯМ. В СТАТЬЕ ПРИВЕДЕНЫ СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЧНОСТИ И ХЛАДОСТОЙКОСТИ МЕТАЛЛА ШВА, ВЫПОЛНЕННОГО ИМПОРТНЫМИ И ОТЕЧЕСТВЕННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ, ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПО МЕТОДИКЕ ESSO, А ТАКЖЕ ДАН АЛГОРИТМ АТТЕСТАЦИИ МАТЕРИАЛОВ И СДЕЛАН ВЫВОД О ТОМ, ЧТО РОССИЙСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ ДОСТАТОЧНО ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

THE DEVELOPMENT OF THE NORTH OF RUSSIA RESOURCES, INCLUDING THE OCEAN SHELF, IS ONE OF THE PRIORITY TASKS FOR THE ECONOMIC DEVELOPMENT. SPECIALISTS OF THE NATIONAL RESEARCH CENTER "KURCHATOV INSTITUTE" – THE CENTRAL RESEARCH INSTITUTE OF CONSTRUCTION MATERIALS "PROMETHEUS" OWN A NUMBER OF SCIENTIFIC RESEARCH RESULTS AIMED AT PROVIDING AN INTEGRATED APPROACH TO THE MATERIALS OF ARCTIC STRUCTURES. AMONG OTHER THINGS, THE REQUIREMENTS FOR COLD-RESISTANT WELDABLE STRUCTURAL STEELS HAVE BEEN SUBSTANTIATED, AND NEW STEEL GRADES WITH A WIDE RANGE OF STRENGTHS THAT MEET SUCH REQUIREMENTS HAVE BEEN CREATED. THE ARTICLE PRESENTS COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE STRENGTH AND COLD RESISTANCE OF WELD METAL MADE BY IMPORTED AND DOMESTIC MATERIALS; THE RESULTS OF TESTS ACCORDING TO THE ESSO METHOD; AN ALGORITHM FOR CERTIFICATION OF MATERIALS. THE ARTICLE ALSO CONCLUDES THAT RUSSIAN COMPETENCIES IN MATERIALS SCIENCE ARE SUFFICIENT TO INTRODUCE A DOMESTIC CERTIFICATION SYSTEM FOR MATERIALS INTENDED FOR USE IN ARCTIC CONDITIONS

Ключевые слова: *хладостойкие судостроительные стали, аттестация материалов, арктические конструкции, свариваемые конструкционные стали, сертификация.*

Филин Владимир Юрьевич

начальник сектора НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей», д.т.н.

Крупногабаритные сварные конструкции северного применения изготавливают главным образом из низколегированных марок стали ОЦК (с объемно-центрированной кристаллической решеткой).

Особенности применения материалов в таких конструкциях:

- температура эксплуатации может доходить до -60 °С в устьях северных рек;
- конструкции испытывают переменное и динамическое нагружение;
- высокие проектные требования к эксплуатационным параметрам требуют использовать сталь высокой прочности;
- стали ОЦК склонны к хрупкому разрушению при низких климатических температурах;
- длина сварных соединений в одной конструкции достигает порядка километров, эти соединения являются источником неизбежных дефектов и остаточных сварочных напряжений, поскольку их термообработка после сварки невозможна.

Ключевым фактором безопасной эксплуатации объектов техники и инфраструктуры является принятая система контроля качества конструкционных материалов, поскольку ремонтопригодность рассматриваемых конструкций ограничена, а срочный ремонт часто невозможен из-за больших расстояний и климатических условий.

До последнего времени на верфях России вместе с отечественными корпусными сталями и сварочными материалами широко применялись импортные сварочные материалы, обладавшие высокой технологичностью, стабильным качеством и умеренной стоимостью при больших объемах поставки. Чтобы оценить возможность полного перехода на отечественные материалы, рассмотрим актуальные данные об основных характеристиках прочности, пластичности и хладостойкости металла шва, таблица 1 (импортные материалы выделены желтым цветом, российские – оранжевым). Данные представлены для «оптимальных» режимов сварки.

Что касается других видов сварки, отечественные электроды, в том числе марок 48ХН, разработанные НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей», обладают высокими эксплуатационными и технологическими характеристиками. Хорошие результаты также показывает электрогазовая сварка отечественными проволоками вертикальных швов большой толщины.

Специалисты НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» вынуждены отметить, что сертификатные данные по работе удара при отрицательных температурах, как правило, не достигаются даже в лабораторных условиях, в том числе для импортных материалов, однако из таблицы 1 можно сделать вывод, что сварка ответственных крупногабаритных конструкций северного исполнения из сталей высокой прочности может быть выполнена отечественными материалами. При этом необходимо обратить внимание на процедуру их аттестации.

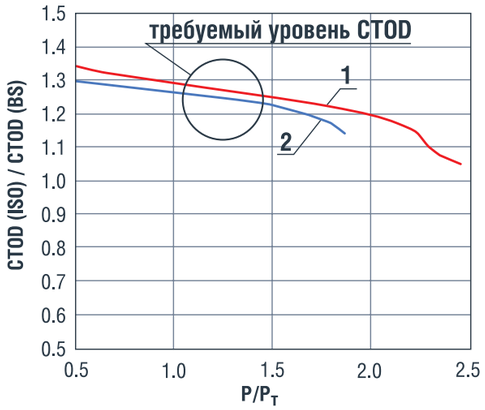
ТАБЛИЦА 1. Сравнение характеристик прочности и хладостойкости металла шва, выполненного импортными и отечественными материалами

Марка	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ, %	ψ, %	Ударная вязкость KCV, Дж/см²
Проволоки для механизированной сварки в защитном газе					
MG-S50LT	510	440	33	–	88^{-60}
OK AristoRod 12.50	560	470	26	–	75^{-40}
OK AristoRod 55	750	690	20	–	75^{-40} 63^{-60}
MG-S88A	880	770	22	–	78^{-80}
Св-08Г2С	510	400	22	65	43^{-60}
Св-04Н2ГСТА	660	580	21	65	55^{-40} 35^{-60}
Св-04Н3ГСМТА	760	640	20	65	80^{-40} 48^{-60}
Св-08ГН2СМД	818	756	16	59	63^{-40} 51^{-60}
Порошковые проволоки для механизированной сварки в защитном газе и смеси					
FLUXOFIL 20HD	590	510	26	–	100^{-40}
CITOFLUX R82 SR	595	527	26	–	57^{-60}
DWA-81Ni1	593	570	28	–	101^{-60}
DW-62L	669	592	25	–	101^{-60}
DW-A62L	691	617	20	–	66^{-60}
ПП-АН8	500–600	420	20	–	35^{-40}
Материалы для автоматической сварки под флюсом					
OE-SD3 + OP 121TT	577–589	491–500	26–28	–	141^{-60}
OK Autrod 13.24 + OK 10.71	600	510	27	74	95^{-40}
S3Ni1Mo + OP 121TT	690	600	22	–	50^{-60}
Св-08ГА + 48АФ-51	665	547	26	69	52^{-40}
Св-08ГА + 48АФ-53	670	540	29	71	88^{-40}
Св-08ГА + СФМ-101	665	570	28	67	105^{-40}

Российским морским регистром судоходства (РМРС) по аналогии с зарубежными требованиями принята процедура первичной аттестации стального проката по свариваемости, при которой сварку проб следует выполнять, в том числе, при экстремально высоком уровне погонной энергии 50 кДж/см и более (для сталей с индексом W). Такие пробы сваривают в нижнем положении автоматической сваркой под флюсом, при этом хладостойкость металла шва не обеспечивается даже при использовании двухдугового автомата. По нашим данным, уровень работы удара металла шва таких проб при -40 °С падает до 13–25 Дж вне зависимости от того, какие материалы использованы, отечественные или импортные. Это затрудняет аттестацию новых сталей для получения свидетельства о признании изготовителя и не соответствует основной идее обеспечения соответствия параметров сварки при аттестации и в производстве.

Погонная энергия сварки свыше 35 кДж/см применяется на верфях при электрогазовой сварке вертикальных швов больших толщин, а также при электродуговой сварке под флюсом малоответственных элементов конструкций, например, при приварке ребер жесткости угловым швом. Таким образом,

РИС. 1. Сопоставление величин CTOD, рассчитанных по новой формуле ISO и старой формуле BS 7448, для стали различных уровней прочности



1 – предел текучести 540 МПа

2 – предел текучести 920 МПа

Толщина образцов 60 мм, трехточечный изгиб

По оси абсцисс – отношение нагрузки критического события к нагрузке общей текучести в нетто-сечении образца

программы испытаний по свариваемости, одобряемые PMPC для признания изготовителей сталей, не обеспечивают должный паритет между условиями сварки при аттестации стали и при производстве из нее сварных конструкций ответственного назначения. Например, требование проводить аттестационную автоматическую сварку под флюсом листового проката толщиной 12 мм при погонной энергии 50 кДж/см однозначно приводит к отрицательным результатам испытаний.

Принципы аттестации сталей по хладостойкости в России и за рубежом схожи: рассматриваются два уровня безопасности. Считают, что разрушение при низких температурах начинается от границ или дефектов сварных швов, условия старта трещины по хрупкому механизму контролируются параметрами статической трещиностойкости (критической величиной деформационного параметра CTOD – раскрытия в вершине трещины, либо энергетического параметра – J-интеграла). Стартовавшая трещина выходит в основной металл, способность которого тормозить трещину оценивается величинами CAT (crack arrest temperature, температура торможения трещины) и KIa – критическим значением коэффициента интенсивности напряжений (КИН) при торможении трещины в условиях плоской деформации.

Однако существуют значительные отличия отечественного и зарубежного подходов в обосновании критериев применимости стали, программах и методиках испытаний. По поводу первого уровня безопасности и статической трещиностойкости металла следует учитывать три существенных момента:

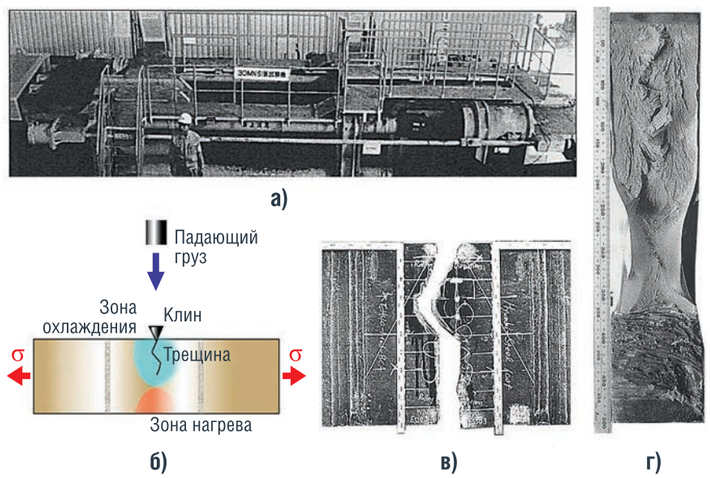
1) зарубежные требования обычно не дифференцированы по категории прочности и толщине стали;

2) в стандартах ISO 12135, ISO 15653 приняты новые стандартные формулы для расчета нормируемой характеристики CTOD при изгибе, предложенные японскими исследователями [1], которые в «пограничных» случаях примерного соответствия трещиностойкости требованиям дают значения примерно на четверть выше, чем рассчитанные по ныне отмененному стандарту BS 7448, а также по ГОСТ 25.506 (рис. 1). Не рассматривая физическую достоверность стандартных формул, отметим, что теперь могут быть приняты материалы, которые считались негодными;

3) за рубежом разрешается проводить испытания на статическую трещиностойкость при растяжении (стандарт BS 8751), когда в образцах достигается значительно меньшая жесткость напряженного состояния, чем при испытании изгибом. Отдельные требования по CTOD для таких образцов не разработаны, и известны случаи использования в зарубежной практике требований PMPC, которые были разработаны нами для образцов, испытываемых на изгиб. Согласно выполненным в НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» экспериментам и расчетам, результаты, полученные при растяжении, могут давать ошибку в опасную сторону, завышая свойства материала.

Второй уровень безопасности – обеспечение торможения трещины. Температура торможения трещины может быть в принципе определена прямым испытанием больших образцов в полной толщине. В России это, например, методика Крыловского ГНЦ, однако испытательные возможности ограничены. За рубежом испытания проводят

РИС. 2. Испытания по методике ESSO: а) горизонтальная растягивающая машина, б) схема нагружения образца, в) траектория трещины, г) вид излома

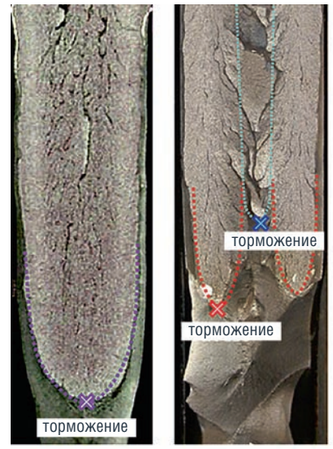


по обновленной методике ESSO, стандарт ISO 20064. Испытание состоит в зарождении трещины ударом по охлажденной стороне растянутого образца, рисунок 2. Распространяющаяся трещина выходит в более теплую зону образца, где его трещиностойкость выше, и останавливается. Градиент температуры образца контролируется рядом наклеенных термопар.

При испытании определяется температура торможения трещины, а также соответствующий КИН K_{ca}, пропорциональный $\sigma(\pi a)0.5$, где σ – приложенные напряжения, a – длина трещины. Данные испытания изначально предназначены для стали больших толщин порядка 100 мм и являются уникальными по сложности и стоимости, к тому же не решен ряд методических проблем. Очевидно, что траектория трещины отнюдь не прямая (рис. 2в), а ее форма имеет вид «языка» (рис. 2г), поэтому выбрать конкретное значение длины трещины а затруднительно. Также важно учесть, что длина нагружающей системы составляет более 6 метров и она обладает значительной податливостью. В результате напряжения σ на момент остановки трещины неизвестны и не соответствуют исходным. Получаемое значение K_{ca} не полностью соответствует K_{Ia}, так как условия плоской деформации не соблюдаются.

Зарубежные требования к величине K_{ca} составляют 190...240 МПа$\cdot$м^{0,5} (например, в программе Норвежского Веритаса по одобрению изготовителей DNVGL-CP-0348). Эти величины были разработаны для стали с минимальным пределом текучести 470 МПа толщиной 80–100 мм, используемой для ширстреков контейнеровозов, а далее

РИС. 3. Различие вида излома



Обычная сталь

ARRESTEX™ торможение

произошла та же история, что и с требованиями к статической трещиностойкости: данный уровень требований распространяется на стали иных категорий прочности. В действующих судовых Правилах Норвежского Веритаса DNVGL-RU-SHIP-Pt2Ch2 сказано: стали, обеспечивающие торможение трещины (ВСА), производимые по ТУ изготовителей, должны аттестоваться по программе DNVGL-CP-0348.

Удовлетворение таких требований привело к появлению на рынке нового предложения – стали торговой марки ARRESTEX от JFE Steel Corporation, Япония. «Улучшенное» торможение трещины, рис. 3, как утверждается, достигается за счет управляемого разворота зерен металла в центральной по толщине зоне проката при его производстве (плоскости хрупкого разрушения зерен развернуты под 45° к направлению разрушения).

Однако из теории дефектов известно, что ОЦК решетка имеет большое количество систем скольжения дислокаций, поэтому не ясно, как и, главное, зачем изготавливать такие стали: только для того, чтобы успешно выполнять испытания по методике ESSO?

Очевидно, что методику ESSO невозможно использовать при аттестации серийной продукции. Поэтому ведутся научные исследования с целью обоснования применения различных видов не столь дорогостоящих испытаний образцов меньших размеров по определению температур вязко-хрупкого перехода для косвенного нахождения температуры торможения трещины. Температур вязко-хрупкого перехода и соответствующих им видов испытаний известно множество. В принципе, можно придумать и новые, чем занимаются японские исследователи [2, 3]. Например, в [2] предложены образцы, варианты которых показаны на рисунке 4.

Образцы на рис.4,а тонкие и не представляют натурную толщину металла, при испытании возможна потеря устойчивости. В рабочем сечении образцов, показанных на рис. 4б, превалирует неконтролируемое сжатие, величина которого зависит от трения в опорах. Для сталей с пределом текучести свыше 700 МПа прессование надреза оказывается практически невозможным, острая грань оснастки затупляется либо откалывается.

Применение косвенных испытаний с определением температур вязко-хрупкого перехода может быть обосновано установлением надежных корреляций получаемых результатов с данными испытаний по ESSO, однако последние доступны для очень ограниченного интервала толщин (80–100 мм),

РИС. 4. Образцы с прессованным надрезом на статический изгиб для определения температур вязко-хрупкого перехода: а) образец типа ИПГ толщиной 10 мм, б) образец с наклонными опорными поверхностями

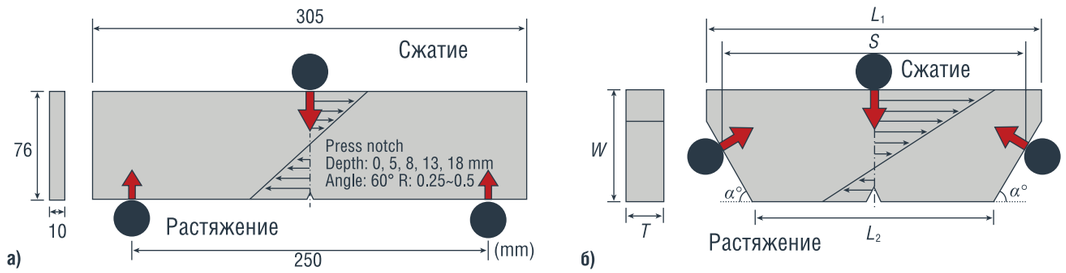
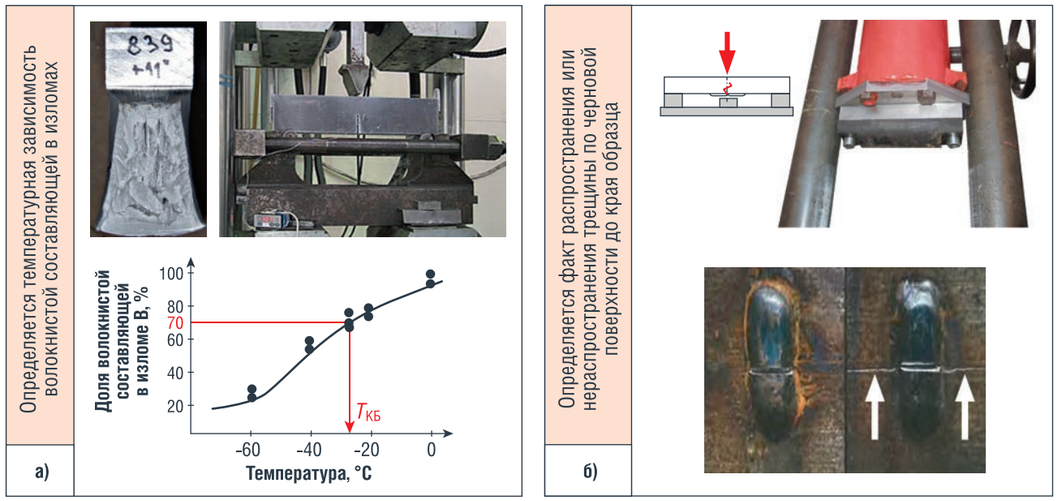


РИС. 5. Испытания по определению температур вязко-хрупкого перехода ТКБ (а) и NDT (б)



где зависимость Кса от толщины минимальна. Что в этой ситуации может предложить российский опыт разработки и испытания хладостойких сталей? В Правила РМРС специалистами НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» внесены следующие методики специальных испытаний:

- ТКБ, температура критическая на больших образцах, испытание на излом при трехточечном изгибе с построением температурной кривой процента волокнистой составляющей (ТКБ соответствует 70% волокнистой составляющей), рис. 5;
- NDT, температура нулевой пластичности, испытание на ударный изгиб падающим грузом образцов с хрупкой наплавкой по ASTM E208;
- ИПГ по ГОСТ 30456 (DWTT – испытание на ударный изгиб падающим грузом) с построением температурной кривой процента волокнистой составляющей (TDWTT соответствует 70% волокнистой составляющей для судокорпусных сталей, 85% для газопроводов).

Для перечисленных видов испытаний расчетно-экспериментальными методами с использованием механики разрушения определены корреляции с минимальной температурой применимости стали, обеспечивающей торможение трещины в корпусных конструкциях (CAT) [4], «температурные запасы» для каждого вида испытаний в табличном виде внесены в Правила РМРС. Перечисленные виды испытаний проводятся в условиях массового производства стального проката в заводских условиях. Комплекс нескольких видов испытаний необходим, потому что они по-разному оценивают сочетание деформационной способности и хладостойкости металла.

Особо следует отметить роль испытаний падающим грузом по методике ИПГ. В актуальной версии ГОСТ 30456-2021 предусмотрен переход от качественной характеристики (процента волокнистой составляющей) к количественной – поглощенной энергии при разрушении образцов, что стало возможным из-за большей доступности инструментированных копров. Поэтому для НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» актуальной задачей является моделирование методом конечных элементов для разработки требований к поглощенной энергии при ИПГ, рис. 6. Разработана методика калибровки измерительных систем инструментированных копров ИПГ. Другой проблемой является стабильность и повторяемость результатов, для чего организуются круговые межлабораторные инструментированные испытания ИПГ, к участию в которых приглашаются все заинтересованные предприятия.

Опираясь на обширный опыт и учитывая приоритет отечественных разработок для дальнейшего освоения Арктики, специалисты НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» рекомендуют следующий алгоритм аттестации материалов.

Этап ноль – анализ ключевых параметров технологии производства материала, влияющих на его эксплуатационные свойства. Результат – выбор технологического маршрута и его ключевых параметров.

Этап один – обеспечение стандартных механических свойств основного металла: прочность и пластичность, микроструктура, чистота по неметаллическим включениям, температурная кривая работы удара.

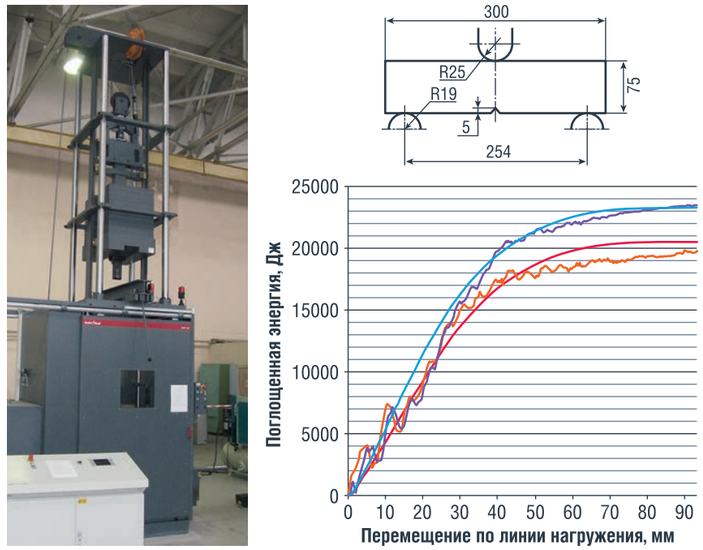
Этап два – обеспечение торможения трещины основным металлом: ТКБ, NDT, ИПГ(DWTT), ТКДС.

Этап три – определение стандартных и коррозионных свойств сварных соединений: прочность и пластичность, микроструктура, оценка разнородности по твердости, работе удара по зонам сварных соединений. Испытания на КРН для материалов, эксплуатируемых в коррозионной среде.

Этап четыре – статическая трещиностойкость металла сварных соединений.

Уменьшить стоимость испытаний можно за счет:

РИС. 6. Инструментированный копер мощностью 60 кДж, схема нагружения образца ИПГ, экспериментальные и расчетные кривые поглощенной энергии при вязком разрушении образцов толщиной 25 мм двух марок стали с одинаковым пределом текучести 500 МПа и разным коэффициентом деформационного упрочнения



- использования образцов квадратного сечения на трехточечный изгиб;
- предварительного проведения испытаний образцов с надрезом по металлу шва;
- пошагового проведения испытаний с выполнением металлографического анализа после испытания;
- выбора в качестве целевой структуры крупнозернистой ЗТВ у линии сплавления и испытания только нескольких образцов по ЗТВ, удаленной от линии сплавления.

Сохраняет актуальность и ждет аргументированных ответов целый ряд вопросов относительно аттестации и переаттестации материалов, адресуемых, прежде всего, Российскому морскому регистру судоходства:

1. Существующая система составления программ испытаний «на свариваемость» требует корректировки. Сталь не виновата в том, что ее не удается качественно сварить при высоких погонных энергиях, когда процедура сварки не соответствует применяемой в производственных условиях. Неудовлетворительные результаты получены исключительно при испытаниях на ударный изгиб по линии сплавления, где в зону надреза попадает металл шва.

2. При переаттестации материалов (подтверждении свидетельств о признании изготовителя и т.п.) инспекторы Регистра на местах также требуют проводить испытания «на свариваемость» при высокой погонной энергии, и круг замыкается.

3. В Правила Регистра введены зарубежные марки стали высокой прочности и большой толщины, для которых указана система легирования, которая в действительности не позволяет достичь заявленных характеристик.

4. Для новых судостроительных сталей предусмотрено требование проведения испытаний по ESSO, что в принципе не позволяет их аттестовать в России (в Правилах РМРС такое требование назначено только для стали с пределом текучести 470 МПа, волнует его распространение за рубежом на другие категории стали).

В условиях массированных санкций против российской науки и промышленности, напомним об основных направлениях деятельности НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей», как головной материаловедческой организации:

- Разработка новых конструкционных материалов.
- Технологическое сопровождение изготовления основных и сварочных конструкционных материалов.
- Разработка и реализация программ аттестации конструкционных материалов с учетом отечественных испытательных возможностей.
- Аудит испытательных лабораторий специальных механических испытаний.
- Научное обоснование требований, предъявляемых к результатам специальных механических испытаний.
- Аттестация отечественных сварочных материалов, разработка и аттестация технологий сварки.
- Техническое сопровождение проектирования конструкций.
- Авторский надзор за соблюдением требований к технологическим процессам изготовления конструкционных материалов.
- Экспертиза проектов, контроль выбора материалов.
- Техническое сопровождение строительства конструкций.

Российские компетенции в материаловедении представляются вполне достаточными для внедрения отечественной системы сертификации материалов, предназначенных для эксплуатации в арктических условиях и в пределах границ и территориальных вод Российской Федерации. ●

Литература

1. *Kawabata T., Tagawa T., Sakimoto T., Kayamori Y., Ohata M., Yamashita Y., Tamura E., Yoshinari H., Aihara S., Minami F., Mimura H., Hagihara Y. Proposal for a new CTOD calculation formula, Engineering Fracture Mechanics, Vol. 159, 2016, pp. 16–36.*
2. *Teppei Okawa, Hiroyuki Shirahata, Kiyotaka Nakashima, Kazuhisa Yanagita, Takehiro Inoue. Simplified Evaluation of Brittle Crack Arrest Toughness in Heavy-thick Plate by Combined Small-scale Tests // International Journal of Offshore and Polar Engineering Vol. 27, №. 2, June 2017, pp. 210–215.*
3. *Yuki Nishizono, Tomoya Kawabata, Shiju Aihara. Development of simplified evaluation method of brittle crack arrest toughness on small-scale bending test in steels / Procedia Structural Integrity 13 (2018) 1817–1827.*
4. *Филин В.Ю. Контроль качества сталей для крупногабаритных сварных конструкций арктического шельфа. Применение российских и зарубежных требований // Вопросы материаловедения. 2019. – № 2 (98). – С. 136–153.*

KEYWORDS: *cold-resistant shipbuilding steels, materials certification, arctic structures, welded structural steels, certification.*

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ

для работ на арктическом шельфе

УДК 629.5

В СООТВЕТСТВИИ С ЛИЦЕНЗИОННЫМИ ОБЯЗАТЕЛЬСТВАМИ ВЕДУЩИМ РОССИЙСКИМ НЕФТЕГАЗОВЫМ КОМПАНИЯМ ДО 2040 ГОДА НЕОБХОДИМО ПРОБУРИТЬ ОКОЛО 80 СКВАЖИН НА БОЛЕЕ ЧЕМ 60 ЛИЦЕНЗИОННЫХ УЧАСТКАХ (ЛУ) АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА. КАКИЕ РЕШЕНИЯ ПРЕДЛАГАЮТ РОССИЙСКИЕ СПЕЦИАЛИСТЫ ДЛЯ РАБОТ В АКВАТОРИЯХ СЕВЕРНЫХ ШИРОТ?

IN ACCORDANCE WITH LICENSE OBLIGATIONS, LEADING RUSSIAN OIL AND GAS COMPANIES NEED TO DRILL ABOUT 80 WELLS IN MORE THAN 60 LICENSE BLOCKS (LB) ON THE ARCTIC SHELF BY 2040. WHAT SOLUTIONS DO RUSSIAN SCIENTISTS OFFER FOR THE WATERS OF NORTHERN LATITUDES DEVELOPMENT?

Ключевые слова: *морская добыча, геолого-разведочные работы, бурение на шельфе, суда вспомогательного флота, освоение Арктики.*

Чугунов Виктор Васильевич
генеральный директор ООО «Арктические Морские Технологии»

Щербаков Илья Вадимович
генеральный директор ПКБ «Петробалт»

Кеонджан Виталий Павлович
председатель совета директоров ООО «Арктические Морские Технологии», профессор, д.ф.-м.н.

Несмотря на некоторое замедление в последние годы поисково-разведочных работ (ПРБ) на арктическом шельфе, несомненно, что в ближайшем будущем они будут продолжены (рис. 1).

Однако при существующей сегодня транспортно-логистической Схеме (ТЛС) морского обеспечения ПРБ, основанной на использовании береговых баз обеспечения (ББО), расположенных сегодня только в районе Мурманска и Сахалина, а также на фрахте большого количества судов обеспечения (в основном иностранных), выполнить такой объем работ будет крайне затруднительно.

Для этого необходимо построить (или продолжать фрахтовать за рубежом, что становится практически невозможным) значительный по количеству и типажу флот специализированных судов высокого ледового класса: снабженцы (PSV), якорезаводчики (AHTS), суда аварийно-спасательной службы (ACC/ЛАРН) и суда ледовой защиты морских буровых установок (МБУ). Это прежде всего относится к судам-снабженцам, потребность в которых зависит от удаленности района буровых работ от ББО (рис. 2).

Успешное выполнение намеченного объема работ во многом будет

РИС. 1. Блоки лицензионных участков (ЛУ) нефтегазовых компаний на арктическом шельфе РФ

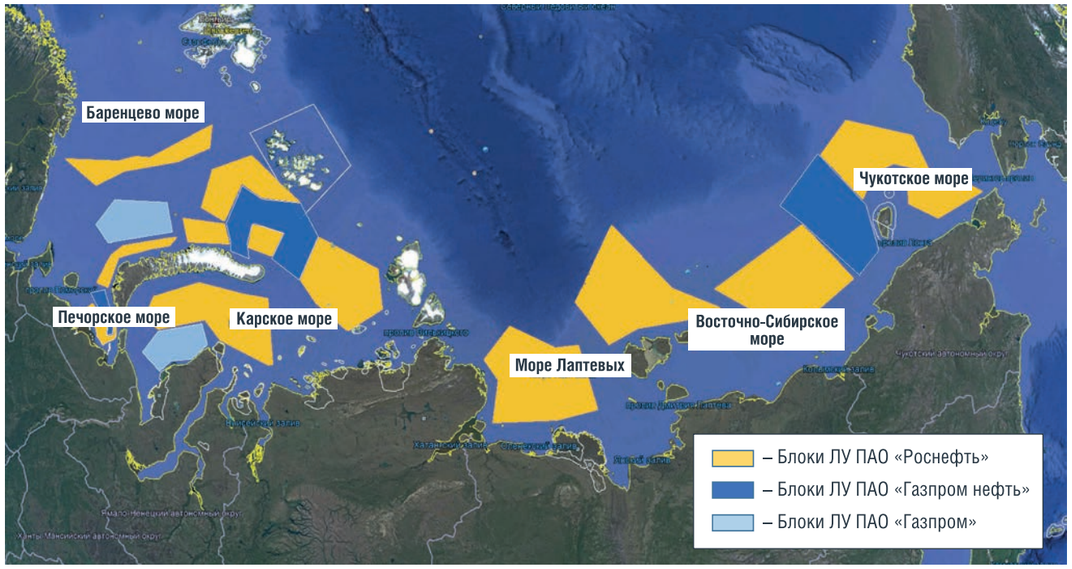
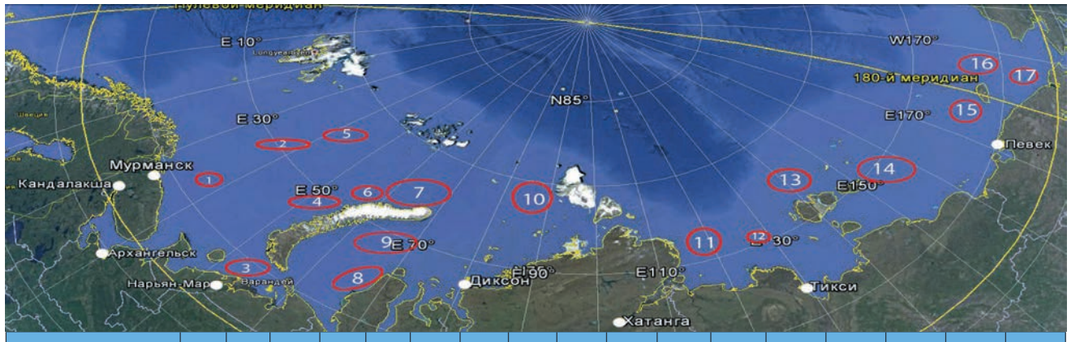


РИС. 2. Необходимое количество судов обеспечения ПРБ для основных блоков ЛУ при традиционной ТЛС (в зависимости от расстояния до береговых баз)



№ блока	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Мурманск (м. мили)	170	380	420	500	530	580	730	750	800	1260	1590	1620	1710	2230	2530	2790	2900
Корсаков (м. мили)														3730	3320	3020	2860
К-во судов (в т.ч.снабженцев)	3 (2)	4 (3)	6 (4)	6 (4)	6 (4)	7 (5)	8 (6)	8 (6)	8 (6)	11 (8)	12 (9)	12 (9)	13 (10)	15 (12)	17 (14)	18 (15)	18 (15)

зависеть от создания технических и технологических инновационных решений, одним из которых может стать ТЛС, основанная на использовании Автономных Комплексов Обеспечения (АКО), которые включают в себя (рис. 3):

- плавучую базу обеспечения (ПБО) высокого ледового класса, способную снабжать МБУ всеми необходимыми материалами и оборудованием в течение бурового сезона, принимать, хранить и частично перерабатывать отходы буровых работ, а также служить базой для развертывания работ по УЛО, ЛАРН, пожаротушению и спасательным операциям, а также операций по смене персонала МБУ;
- 2–3 многофункциональных ледокольных судна обеспечения (МЛСО), выполняющих функции ледовой защиты МБУ, ее буксировки, заводки якорей, а также функции ЛАРН, спасения и пожаротушения;
- одно «челночное» судно-снабженец (PSV) для доставки грузов между ПБО и МБУ.

Концептуальные проекты ПБО и МЛСО уже разработаны ПКБ «Петробалт».

Основным элементом Комплекса является многофункциональная плавучая база обеспечения (ПБО), общий вид, продольный разрез

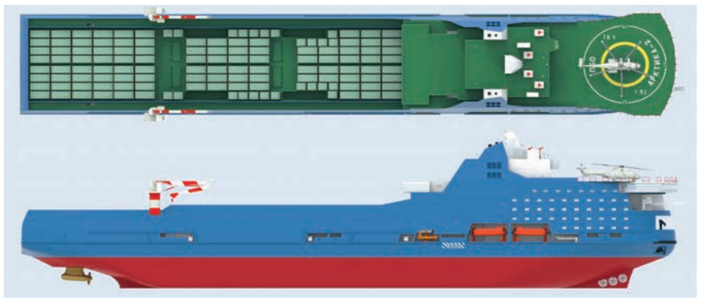
РИС. 3. Состав Автономного комплекса обеспечения (АКО)

Плавучая база обеспечения буровых работ (ПБО)

Многофункциональное ледокольное судно обеспечения (МЛСО)

Судно-снабженец

РИС. 4. Общий вид и основные характеристики ПБО



ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
длина наибольшая, м	200
ширина наибольшая, м	32
водоизмещение при осадке 10 м, т	47 500
дедвейт при осадке 10м, т	24 200
общее число мест в каютах, шт.	250
скорость экономического хода, узл	12
автономность, суток	150

ВМЕСТИМОСТЬ	
дизельное топливо, т	12 730
техническая вода, т	1500
ЛАРН/диспергент, т	2000/200
трубная продукция, т	1150
авиационное топливо, т	500
порошковые грузы, т	800
химреагенты, т	1600
вместимость контейнеров TEU, шт.	400

и основные характеристики которой представлены на рис. 4 и 5. Основную часть дедвейта ПБО (ок. 24 тыс. т) составляют материалы, оборудование и ГСМ, необходимые для обеспечения МБУ в течение всего бурового сезона (90–100 суток). Их объем и весовые характеристики определялись расчетным путем для скважины ок. 4,5 км с использованием обобщенных статистических данных по результатам бурения скважин на «Университетской» и «Приразломной».

Разработанная в проекте ПБО автоматизированная контейнерная система формирования и подачи грузов позволяет значительно ускорить и систематизировать его доставку на МБУ.

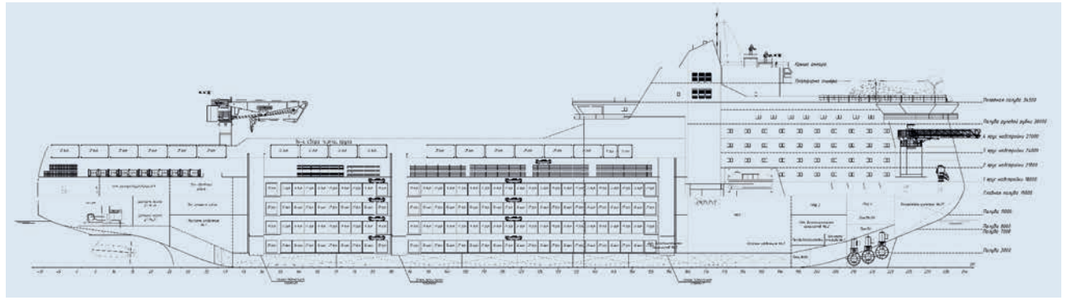
Основными назначениями и функциями ПБО в ходе бурового сезона являются:

- бесперебойное снабжение МБУ расходными технологическими материалами, топливом и провизией;
- вывоз с МБУ и утилизация отходов бурения и бытовых отходов;
- управление локальной системой управления ледовой обстановки (УЛО), разработанной специально для ПБО, и участие в ледовой защите МБУ;
- координация проведения и участие в спасательных операциях, тушении пожаров на МБУ и ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН);
- выдача (при необходимости) электроэнергии на МБУ и другие суда;
- обеспечение смены экипажей МБУ;
- использование в качестве вертодрома при проведении различного вида операций с возможностью заправки и ремонта воздушных судов.

Кроме того ПБО способна выполнять еще ряд дополнительных функций и назначений в качестве:

- мобильной базы обеспечения строительства объектов береговой инфраструктуры в Арктике (за счет способности перевозить, хранить и порционно отгружать большой объем необходимых для строительства материалов, оборудования и ГСМ, а также обеспечивать жильем, питанием, медицинскими и бытовыми условиями временный строительный персонал);

РИС. 5. Продольный разрез ПБО



- судна обеспечения «Северного завоза», что позволит повысить его эффективность (за счет контейнеризации перевозимых грузов и ускорения грузовых операций, а также возможности расширения сроков перевозок за счет высокого ледового класса ПБО).
- мобильных (плавучих) грузовых терминалов в акваториях портов Севморпути.

Еще одним важным элементом АКО являются многофункциональные ледокольные суда обеспечения (**МЛСО**) с ледовым классом Icebreaker 7, общий вид и технические характеристики которых представлены на рис. 6.

Назначением и функциями МЛСО в ходе бурового сезона являются:

- буксировка МБУ на точку бурения и обратно в порт базирования;
- заводка якорей МБУ и сопровождение ее установки на точке бурения;
- выполнение функции АСС, ЛАРН и пожаротушения;
- ледовая разведка и ледовая защита МБУ;
- выполнение функций PSV (по необходимости).

Вне бурового сезона МЛСО, с учетом их высокого ледового класса, способны выполнять ледокольные и другие функции в различных проектах и районах Арктического и Сахалинского шельфа.

Судно-снабженец (**PSV**), в количестве одной единицы, предназначенное для доставки грузов между ПБО и МБУ и формально входящее в состав АКО, может быть взято во временный фрахт с российского рынка судов этого типа.

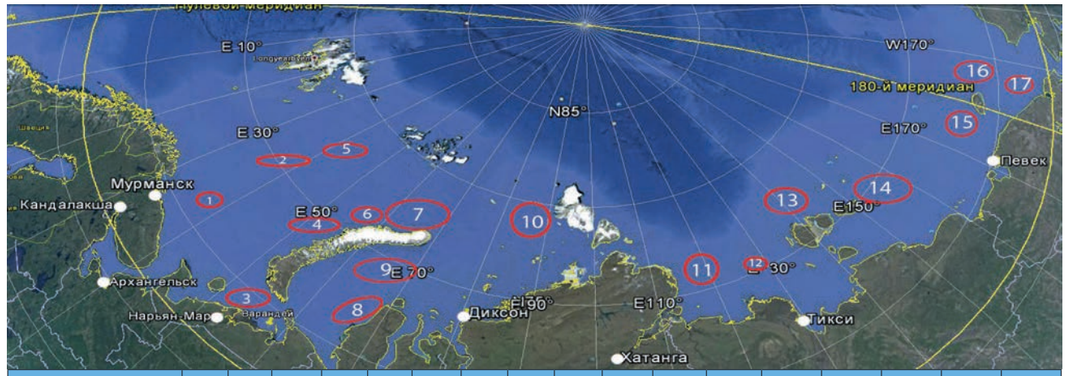
Выполненные расчеты, обосновпния и эксперементы, результаты некоторых из которых приведены ниже, показывают, что предлагаемая новая (инновационная) ТЛС с использованием АКО позволяет обеспечить:

- значительное сокращение требуемого количества судов и затрат на обеспечение буровых работ (рис. 7 и 8);
- значительное повышение эффективности снабженческих операций для МБУ;

РИС. 6. Общий вид и технические характеристики МЛСО

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Длина наибольшая, м	107,0 м
Длина по КВЛ	98,4 м
Ширина наибольшая, м	26,0 м
Ширина по КВЛ	22,8 м
Осадка по ЛГВЛ	9,0 м
Высота борта на миделе	12,1 м
Дедвейт при осадке по ЛГВЛ	3100 т
Высота борта	12,1 м
Водоизмещение при осадке по КВЛ	9346
Перевозимые грузы	730 т
Автономность	120 суток
Ледовый класс	Icebreaker 7
Ледопроходимость	ок. 1,6 м
Тип и характеристики винто-рулевой установки	2 ВРК типа «Azipod», 2×7,5 МВт
Носовое подруливающее устройство	2×1400 кВт, диаметр 1850 мм
Динамическое позиционирование	DYNPOS-2
Тяговое усилие	ок. 150 тонн

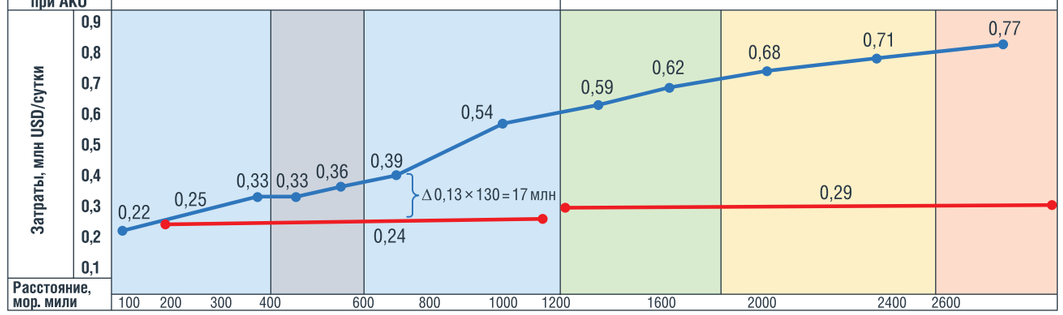
РИС. 7. Сравнение необходимого количества вспомогательных судов для основных блоков лицензионных участков при традиционной ТЛС и с использованием АКО



№ блока	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Мурманск, м. миль	170	380	420	500	530	580	730	750	800	1260	1590	1620	1710	2230	2530	2790	2900
Находка, м. миль														3730	3320	3020	2860
К-во судов при традиционной ТЛС (в т.ч.снабженцев)	3 (2)	4 (3)	6 (4)	6 (4)	6 (4)	7 (5)	8 (6)	8 (6)	8 (6)	11 (8)	12 (9)	12 (9)	13 (10)	15 (12)	17 (14)	18 (15)	18 (15)
К-во судов при работе АКО (в т.ч.снабженцев)			4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	5 (1)	5 (1)	5 (1)	5 (1)	5 (1)	5 (1)	5 (1)	5 (1)

РИС. 8. Экономический эффект от применения ТЛС с использованием АКО (на примере сравнения среднесуточных затрат на фрахт, топливо и услуг ББО для судов обеспечения МБУ при традиционной ТЛС и при использовании АКО)

Акватории	Западная часть Баренцева моря			Восточная часть Баренцева моря		Карское море		Море Лаптевых		Восточно-Сибирское море		Чукотское море
№ блоков ЛУ	1	2	3	4-5	6	7-8-9	10	11-12	13	14	15	16-17
Кол-во судов (в т.ч. PSV), при традиционной схеме	3(2)	4(3)	6(4)	6(4)	7(5)	8(6)	12(9)	13(9)	14(10)	16(12)	17(13)	19(15)
Кол-во судов (в т.ч. PSV), при АКО	4(1)							5(1)				



- повышение эффективности ледовой защиты МБУ, а также работ по ЛАРН, спасательным и противопожарным операциям;
- практически полное исключение рисков морских операций, которые существуют при транспортировке грузов от ББО до МБУ при традиционной ТЛС;
- полное импортозамещение услуг судов под иностранным флагом.

Как видно из графика на рис. 8, создание и использование АКО ведет к сокращению расходов фрахтователя на ТЛС от 10–15% (для ЛУ в Баренцевом и Печорском морях) до 60–65% (для ЛУ в Чукотском море), в том числе на Приямальскиих ЛУ Газпрома, Приновоземельских ЛУ Роснефти и Хесовском ЛУ Газпромнефти эти расходы могут быть снижены более чем на 35%.

РИС. 9. Некоторые элементы визуализации навигационного моделирования взаимодействия судов АКО и МБУ

Кроме того, выполненные финансово-экономические расчеты показали, что финансовый результат эксплуатации в Арктике судов, входящих в состав АКО, при приемлемых (рыночных) диапазонах фрахтовых ставок и их строительной стоимости, всегда положителен, а срок окупаемости практически не превышает нормативный срок службы судов (25 лет). При этом дополнительное использование (загрузка) судов АКО в межбуровой период значительно повышает их эффективность и, как следствие, эффективность инвестиций в их создание.

С целью уточнения ряда параметров функционирования предлагаемой ТЛС в рамках проекта было выполнено также навигационное моделирование взаимодействия судов в составе АКО при проведении ими операций по обеспечению МБУ и ее ледовой защите. По его результатам были получены статистические данные, позволившие смоделировать параметры движения рассматриваемых судов в различных гидрометеорологических условиях и определить факторы, влияющие на эффективность их эксплуатации (рис. 9).

Отдельно было выполнено моделирование системы ледовой защиты МБУ от опасных ледовых образований с помощью ПБО и МЛСО. На основе выполненных расчетов и модельных ледовых испытаний в Крыловском научном Центре была определена возможность использования ПБО в качестве «последнего» рубежа ледовой защиты МБУ при появлении опасных ледовых образований путем создания зоны «чистой» воды, в районе расположения МБУ и предотвращения воздействия на нее битого льда. Схема такой защиты представлена на рис. 10, а элемент визуализации взаимодействия ПБО и МЛСО при ледовой защите МБУ на рис. 11. На результаты данной разработки получен патент.

РИС. 10. Схема моделирования по использованию ПБО в качестве «последнего рубежа ледовой защиты (обеспечение зоны «чистой воды»)

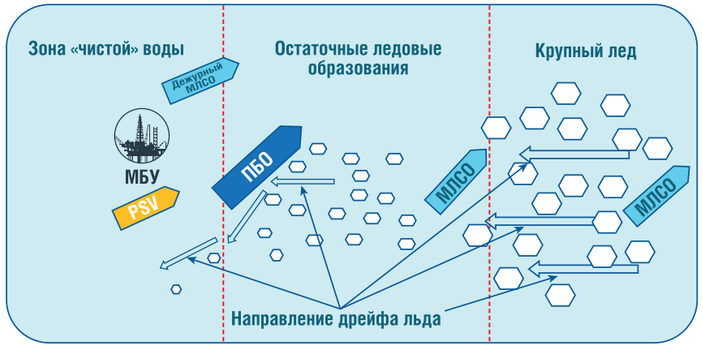
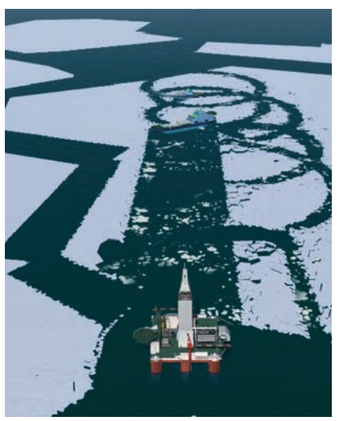


РИС. 11. Элемент визуализация взаимодействия ПБО и МЛСО при ледовой защите МБУ



Таким образом, результаты выполненной работы позволяют утверждать, что ТЛС с использованием АКО при выполнении ПРБ в Арктике является для оператора бурового проекта (фрахтователя) более эффективной как экономически, так и технически по сравнению с традиционной ТЛС, а для судовладельца (инвестора) инвестиции в строительство судов, входящих в АКО, и их эксплуатация экономически целесообразными, особенно при дополнительном использовании (загрузке) этих судов вне бурового сезона.

Материал настоящей статьи основан на результатах работы ООО «Арктические Морские Технологии» и ПКБ «Петробалт» в рамках госконтракта с Минпромторгом

KEYWORDS: *offshore mining, geological exploration, offshore drilling, auxiliary fleet vessels, Arctic exploration.*

ПРИОРИТЕТЫ ИНТЕГРАЦИИ СЕВЕРНЫХ ШИРОТ:

охрана здоровья и обеспечение безопасности жизнедеятельности в Арктике

УДК 613.22

АРКТИЧЕСКАЯ ЗОНА – СТРАТЕГИЧЕСКИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФОРПОСТ РОССИИ. ОДНО ИЗ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИИ – ВЫЯВЛЕНИЕ РАЗМЕРА ВРАЧЕБНОЙ ПОМОЩИ НА СЕВЕРНОМ МОРСКОМ ПУТИ. НЕСМОТРЯ НА ИНТЕНСИВНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОБЛЕМ АРКТИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ В КОНЦЕ ПРОШЛОГО ВЕКА, МНОГИЕ ВОПРОСЫ, СВЯЗАННЫЕ С ОСОБЕННОСТЯМИ БИОЛОГИИ, АДАПТАЦИИ И ПАТОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА НА СЕВЕРЕ, ОСТАЮТСЯ БЕЗ ОТВЕТА. ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМА ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ТОМ, ЧТО В АРКТИКЕ НЕТ ЦЕНТРА МОРСКОЙ МЕДИЦИНЫ, В КОТОРОМ БЫЛИ БЫ СОСРЕДОТОЧЕНЫ ВСЕ МЕДИЦИНСКИЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ, СНАБЖЕНИЯ, ЭВАКУАЦИИ БОЛЬНЫХ МОРЯКОВ И ЛИЦ, РАБОТАЮЩИХ НА МОРСКИХ ОБЪЕКТАХ В ЭТОМ РЕГИОНЕ

THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION IS TODAY CONSIDERED A STRATEGIC AND ECONOMIC OUTPOST OF OUR STATE. ONE OF THE PRIORITY AREAS IS THE IDENTIFICATION OF THE AMOUNT OF MEDICAL CARE ON THE NORTHERN SEA ROUTE. DESPITE THE INTENSIVE STUDY OF THE PROBLEMS OF ARCTIC MEDICINE AT THE END OF THE LAST CENTURY, MANY QUESTIONS RELATED TO THE CHARACTERISTICS OF BIOLOGY, ADAPTATION AND HUMAN PATHOLOGY IN THE NORTH REMAIN UNANSWERED. THE MAIN PROBLEM IS THAT THERE IS NO MARINE MEDICINE CENTER IN THE ARCTIC, WHICH WOULD CONCENTRATE ALL MEDICAL ISSUES OF PROVIDING, SUPPLYING, EVACUATING SICK SAILORS AND PEOPLE WORKING AT OFFSHORE FACILITIES IN THE ARCTIC REGION

Ключевые слова: *Арктический регион, Северный морской путь, медицинское обеспечение, медицинская помощь, морская медицина.*

Митько Арсений Валерьевич

Вице-президент Арктической общественной академии наук, доцент ВНИИМ имени Д.И. Менделеева, доцент СПбГМТУ, к.т.н.

Сидоров Владимир Константинович

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, научный сотрудник

С выявлением масштаба врачебной помощи на Северном морском пути связан ряд задач. К ним относятся:

- оценка структуры медицинских учреждений в морских портах Северного Ледовитого океана;
- оценка врачебной квалификации по морской медицине в медицинских учреждениях;
- выяснение статистики о заболеваемости, травматизме, смертности моряков;
- расценить отечественное и интернациональное сотрудничество в области морской медицины Арктического бассейна.

На Западном участке СМП, в морских портах находятся многопрофильные поликлиники, которые оказывают специализированную врачебную помощь [1]. Для Восточного участка СМП характерны: достаточно большие расстояния между населенными пунктами, наличие ветхих и разрушенных медицинских учреждений, недостаточный профессионализм докторов (особенно специалистов скорой помощи).

В связи с этим здесь особенно важна межведомственная координация организаций, занимающихся здравоохранением.

Прогнозируемый приток трудового контингента и увеличение численности населения арктических деревень предопределяют отбор работников, медицинское обеспечение их жизнедеятельности и последующее наблюдение в период между сменами. Несмотря на интенсивное изучение проблем арктической медицины в конце прошлого века, многие вопросы, связанные с особенностями биологии, адаптации и патологии человека на Севере, остаются без ответа.

> Несмотря на экономические преимущества Арктики, регион имеет ряд недостатков: экстремальные климатические условия для людей и оборудования, необходимость значительных инвестиций, изменения в здоровье населения

Это касается долгосрочных последствий жизни в арктических условиях – сохранения репродуктивного потенциала и поздних стадий онтогенеза. Кроме того, не были определены факторы, щадящее здоровье и продолжительность пребывания в высоких широтах. Несмотря на экономические преимущества Арктики, которые в настоящее время являются предметом геополитической экспансии различных стран, регион имеет ряд недостатков: экстремальные климатические условия для людей и оборудования, необходимость значительных инвестиций, субсидирование большинства субъектов Федерации и продолжающийся отток населения в центральные и южные регионы России. Кроме того, из-за глобального изменения климата и возросшей антропогенной нагрузки на окружающую среду мировое сообщество и специалисты в области медицины и биологии уделяют особое внимание связанным с климатом изменениям в здоровье населения и состоянии окружающей среды Арктики [2].

Тот факт, что только в Якутии 100 человек в год умирают от холода, говорит о значении фактора холода для современной жизни северян. Треть выживших становятся инвалидами. В Якутском научном центре комплексных медицинских проблем (далее ГНЦ КМП) СО РАМН проф. Р.З. Алексеев разработал метод лечения в дореактивном периоде обморожения с замораживанием тканей. Этот метод защищен патентом РФ и представляет собой комбинацию процедур нагрева с эндотрахеальной анестезией, местной и эпидуральной анестезией и артериальной инфузией спазмолитиков и антикоагулянтов. Применение этого метода в лечении сотен пациентов позволило в три раза уменьшить случаи сухой гангрены и уменьшить количество ампутаций поврежденных конечностей.

Весь маршрут СМП разделен на Западный и Восточный сектора. Западный сектор расположен в пределах морских границ от порта Мурманска до пролива Карские ворота. Далее Восточный сектор простирается до Берингова пролива. В портах Западного сектора расположены крупные многопрофильные больницы, которые оказывают полностью специализированную медицинскую помощь. Кроме того, в портах Мурманска, Архангельска и Нарьян-Мара регулярно работает санитарная авиация, способная эвакуировать больных или раненых. В Западном секторе были установлены хорошо функционирующие типы связи судно – берег – судно,

> Только в Якутии 100 человек в год умирают от холода, треть выживших становятся инвалидами

которые были утверждены еще с советских времен. Всегда можно получить консультацию по радио с дежурными врачами в медицинских учреждениях и оценить планы эвакуации больных. Первый глубоководный порт за Карскими воротами – Сабетта (в устье реки Обь). Это самый молодой и быстро развивающийся порт. Туда могут заходить суда с любой осадкой и размерами. Вся деятельность людей, работающих там, осуществляется посменно.

Медицинская помощь оказывается врачами общей практики в местной амбулатории, в исключительных случаях первичная медико-санитарная помощь может быть оказана на рейде. Эвакуация пациентов осуществляется санитарной авиацией в город Салехард. Органы здравоохранения подчинены Ханты-Мансийскому автономному округу [3].

Далее, при движении на восток, находится река Енисей, где в десяти часах езды от ее устья находится село Караул. В селе есть районная больница на 20 коек, где может быть оказана первичная медицинская и частично специализированная медицинская помощь. При необходимости возможна медицинская эвакуация на вертолете. Еще через десять часов плавания находится порт Дудинка, где находится центральная районная больница на 330 коек, оснащенная современным медицинским оборудованием и возможностью оказания специализированной медицинской помощи. Кроме того, в ста километрах от Дудинки находится больница Норильского горно-металлургического комбината с современной медицинской инфраструктурой. Эти больницы находятся в подчинении управления здравоохранения Красноярского края. На выходе из устья реки Енисей и в направлении на северо-восток находится поселок городского типа Диксон, в котором есть глубоководный причал и аэродром. В Диксоне работает врач общей практики, при необходимости пациентов эвакуируют в города Дудинка и Норильск. На восточной стороне полуострова Таймыр, в Хатангском заливе, расположен порт Хатанга, где находится районная больница на 105 коек. Там может быть оказана первичная медико-санитарная помощь и некоторые виды специализированной медицинской помощи. Особенностью порта Хатанга является очень низкая доступность с моря: подход судов с осадкой до 2–4 метров, а подход ледокола вообще невозможен. Эвакуация вертолетом может быть

осуществлена только при условии, что пациент будет доставлен с судна на берег, так как посадка на борт морского судна с вертолета запрещена. В середине маршрута СМП, в море Лаптевых, находится порт Тикси, где могут швартоваться суда с осадкой не более 4 метров. Порт доступен для судов только в летне-осенний период. Работа санитарной авиации ограничивается только морскими пунктами. Центральная районная больница порта Тикси рассчитана на 79 коек и находится в подчинении Республики Саха (Якутия). Там предоставляются все виды медицинской помощи. При необходимости эвакуация осуществляется в город Якутск, расстояние до которого составляет 1694 километра.

Дальше на восток, через 2000 километров, расположен порт Певек, где проживает три тысячи человек. Географически он входит в состав Чукотского автономного округа. Певек – крупнейший порт на востоке Арктического бассейна. Он глубоководный, принимает суда с любой осадкой, и там часто располагаются ледоколы, дежурящие по Северному морскому пути. Певек свободен ото льда 3–4 месяца в году. Чауновская районная больница на 55 коек расположена в порту, она может оказывать первичную медицинскую и специализированную медицинскую помощь, есть санитарная авиация, хороший современный аэродром.

Последней точкой маршрута Северного морского пути считается порт Провидения, который расположен в Анадырском заливе Берингова моря сразу после прохождения Берингова пролива. Порт глубоководный, принимает любые суда, там часто можно встретить пассажирские суда зарубежных стран. В порту Провидения есть районная больница, построенная в 60-х годах XX века, но с современной поликлиникой. В больнице может быть оказана первичная медико-санитарная помощь и специализированная медицинская помощь. Дальнейшая эвакуация осуществляется авиацией в Анадыре Чукотского автономного округа.

Подводя некоторые итоги, следует отметить, что в западной части СМП (порты Мурманск, Архангельск, Кандалакша, Нарьян-Мар) медицинское обслуживание моряков и лиц морских профессий налажено удовлетворительно еще с советских времен. В восточном секторе СМП, где между портами огромные расстояния, большинство больниц старые, они нуждаются в капитальном ремонте. Исключение составляют больницы портов Дудинка и Певек. Есть проблемы с медицинским персоналом, а отсутствие анестезиологической службы (Сабетта, Гвардия, Диксон) сильно затрудняет оказание неотложной медицинской помощи раненым и больным. Следует отметить, что почти все медицинские учреждения, расположенные на трассе СМП, принадлежат различным органам управления здравоохранения. Ни в одном медицинском документе не отражен характер морской работы пациента, невозможно учесть заболеваемость, травмы, инвалидность, смертность, то есть то, что требуется международными конвенционными обязательствами России. Сегодня работы на Северном морском пути расширяются с каждым днем, приобретая международный характер. Количество судов, следующих с запада на восток и обратно, постоянно увеличивается. Уже 27 морских портов по всей магистрали официально открыты для навигации. Более 10 министерств и ведомств осуществляют экономическую деятельность в Арктике, и этот процесс, несомненно, будет нарастать.

> Основная проблема заключается в том, что в Арктике нет центра морской медицины, в котором были бы сосредоточены все медицинские вопросы обеспечения, снабжения, эвакуации больных, работающих на морских объектах

Основная проблема заключается в том, что в Арктике нет центра морской медицины, в котором были бы сосредоточены все медицинские вопросы обеспечения, снабжения, эвакуации больных моряков и лиц, работающих на морских объектах в Арктическом регионе. Необходимо координировать все возможные действия и решения на федеральном уровне, с привлечением Министерства здравоохранения, Министерства по чрезвычайным ситуациям, Министерства транспорта, профсоюзов, Союза российских судовладельцев, государственных организаций и компаний [4].

Также важен базовый аспект медико-биологических исследований в Арктике, который позволяет установить пределы поведенческой, физиологической и генетической приспособляемости человека к экстремальным условиям окружающей среды, как для новичка на индивидуальной основе, так и для аборигена в биоисторическом аспекте. Такие исследования раскрывают границы географической изменчивости биологии человека и функционирования человеческого организма в экстремальных условиях. Север – это естественная модель, невоспроизводимая в лаборатории, онтогенетического и филогенетического развития индивидуальных и видовых адаптаций и патологии человека «на краю населенного мира». Арктика, где, в отличие от интенсивно изучаемой Антарктиды, долгое время проживало оседлое население, предоставляет возможность изучить общие биологические закономерности, знание которых, в свою очередь, облегчит решение конкретных проблем практической медицины.

Литература

1. *«На страже здоровья в Арктике» https://goarctic.ru/work/na-strazhe-zdorovya-v-arktike/ дата обращения10.03.2022.*
2. *«Построение новой модели здравоохранения в Арктике», XI Международный форум «Арктика: настоящее и будущее», 2–4.12.2021, г. Санкт-Петербург https://www.forumarctic.com/conf2017/agenda/agenda/Postroenie_novoy_modeli_zdravookhraneniya_v_Arktike/ дата обращения 10.03.2022.*
3. *«Типология Арктических регионов по уровню развития здравоохранения: к вопросу о направлениях социальной политики», Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11 (часть 8). – С. 1765–1770, https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35843 дата обращения 10.03.2022.*
4. *«Здравоохранение Арктики: итоги двух лет и новые цели» https://roscongress.org/news/zdravoohranenie-arktiki-itogi-dvuh-let-i-novye-tseli/ дата обращения 10.03.2022.*

KEYWORDS: *Arctic region, Northern Sea Route, medical support, medical care, marine medicin.*

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНЫХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

В СОВРЕМЕННОЙ ПОРТАТИВНОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ И ЭЛЕКТРОМОБИЛЯХ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ЛИТИЙ-ИОННЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ (ЛИА) БЛАГОДАРЯ ИХ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ ЭНЕРГИИ, ДЛИТЕЛЬНОМУ СРОКУ СЛУЖБЫ, НИЗКОЙ СТЕПЕНИ САМОРАЗРЯДА. ОНИ ХОРОШО СОХРАНЯЮТ СВОЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАК ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ, ТАК И ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ ДО +60 °С. ОДНАКО ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ЛИА РЕЗКО ТЕРЯЮТ КАК ЭНЕРГИЮ, ТАК И МОЩНОСТЬ. ДЛЯ СОЗДАНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЛИА ИСПОЛЬЗУЮТ ЭЛЕКТРОЛИТЫ С НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ ЗАМЕРЗАНИЯ И ПОРИСТЫЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ АКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ЧТО ПОЗВОЛЯЕТ ДОБИТЬСЯ УСКОРЕНИЯ КИНЕТИКИ ТРАНСПОРТА ЗАРЯДА. ЭТО ТРЕБУЕТ СЛОЖНЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ. АЛЬТЕРНАТИВНЫМ РЕШЕНИЕМ ДАННОЙ ЗАДАЧИ МОЖЕТ СТАТЬ ЗАМЕНА НЕОРГАНИЧЕСКИХ КАТОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОРГАНИЧЕСКИЕ. В СТАТЬЕ ПРИВОДЯТСЯ ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МАТЕРИАЛАХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ, РАССМАТРИВАЮТСЯ ИХ ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ

MODERN PORTABLE ELECTRONICS AND ELECTRIC VEHICLES USE LITHIUM ION BATTERIES (LIB) DUE TO THEIR HIGH ENERGY DENSITY, LONG SERVICE LIFE, LOW DEGREE OF SELF-DISCHARGE. THEY RETAIN THEIR EFFECTIVENESS WELL, BOTH AT ROOM TEMPERATURE AND AT TEMPERATURES UP TO +60 C. HOWEVER, AT SUBZERO TEMPERATURES, LIB DRAMATICALLY LOSE BOTH ENERGY AND POWER. TO CREATE LOW-TEMPERATURE LIB, ELECTROLYTES WITH A LOW FREEZING POINT AND POROUS NANOSTRUCTURED ACTIVE MATERIALS ARE USED, WHICH MAKES IT POSSIBLE TO ACCELERATE THE KINETICS OF CHARGE TRANSPORT. THIS REQUIRES COMPLEX SYNTHETIC PROCEDURES WHEN USING CRYSTALLINE INORGANIC MATERIALS. AN ALTERNATIVE SOLUTION TO THIS PROBLEM MAY BE THE REPLACEMENT OF INORGANIC CATHODE MATERIALS WITH ORGANIC ONES. THE ARTICLE PROVIDES BASIC INFORMATION ABOUT THE MATERIALS AND DESIGN FEATURES OF LOW-TEMPERATURE BATTERIES, DISCUSSES THEIR MAIN PROBLEMS AND WAYS OF DEVELOPMENT

Ключевые слова: *литий ионные аккумуляторы, арктические условия, низкотемпературные аккумуляторы, катодные материалы, анодные материалы.*

Алексеева Елена Валерьевна
старший научный сотрудник кафедры электрохимии, к.х.н.

Левин Олег Владиславович
профессор кафедры электрохимии, д.х.н.

Микушев Сергей Владимирович
проректор по научной работе, к.ф.-м.н.

Санкт-Петербургский государственный университет

Катодные материалы

В настоящее время в качестве катодных материалов в основном используются различные неорганические соединения лития с оксидами переходных металлов (таблица 1).

$LiCoO_2$ (LCO), разработанный лауреатом Нобелевской премии по химии 2020 г. Дж.Б. Гуденафом [2], является первой и наиболее коммерчески успешной формой катодного материала на основе слоистых оксидов переходных металлов. Этот материал был коммерциализирован компанией SONY и до сих пор является самым распространенным материалом для катодов ЛИА. LCO является очень привлекательным материалом для катодов ЛИА, так как обладает относительно большой теоретической гравиметрической (274 мАч/г) и объемной емкостью (1363 мАч/см^3), высоким напряжением и хорошей стабильностью [3]. Более современные катодные материалы имеют как слоистую структуру, подобно $LiCoO_2$, так и кристаллические решетки типа оливина или шпинели (табл. 1).

Но ЛИА с неорганическим электродным материалом теряют 30% своей емкости уже при температуре около нуля [4, 5],

ТАБЛИЦА 1. Характеристики репрезентативных интеркаляционных катодных соединений; кристаллическая структура, теоретическая/экспериментальная/коммерческая гравиметрическая и объемные емкости, средние потенциалы и уровень разработанности [1]

Кристаллическая структура	Соединение	Удельная емкость (мАч г$^{-1}$), теор./эксп./типичная в коммерческих аккумуляторах	Объемная емкость (мАч см$^{-3}$), теор./эксп./типичная в коммерческих аккумуляторах	Среднее напряжение (В)
Слоистая	$LiTiS_2$	225/210	697	1,9
	$LiCoO_2$	274/140	1363/550	3,8
	$LiNiO_2$	275/150	1280	3,8
	$LiMnO_2$	285/140	1140	3,3
	$LiNi_{0.33}Mn_{0.33}Co_{0.33}O_2$	280/160/170	1333/600	3,7
	$LiNi_{0.8}Co_{0.15}Al_{0.05}O_2$	279/199/200	1284/700	3,7
	Li_2MnO_5	458/180	1708	3,9
Шпинель	$LiMn_2O_4$	148/120	596	4,1
	$LiCoO_4$	142/84	704	4,0
Оливин	$LiFePO_4$	170/165	589	3,4
	$LiMnPO_4$	171/168	567	3,8
	$LiCoPO_4$	167/125	510	4,2
Тавоцит	$LiFeSO_4F$	151/120	487	3,7
	$LiVSO_4F$	156/129	484	4,2

при -20 °С теряется 60% от значения емкости при комнатной температуре [6], а при -40 °С теряется 88% [7]. Основной причиной такого падения является замедление транспорта лития в кристаллической решетке материалов в условиях низких температур; например, емкости падают от 150 (20 °С) до 50 (-20 °С) мАч·г$^{-1}$ для $LiFePO_4$ [8]; от 200 (20 °С) до 150 (-10 °С) для $LiCoO_2$ [9]; от 130 (20 °С) до 85 (-20 °С) для $Li_3V_2(PO_4)_3$ [10].

Кроме того, влияют еще несколько факторов. Во-первых, при понижении температуры происходит замедление кинетики всех реакций, протекающих в ЛИА, в частности – замедление кинетики переноса заряда через границы раздела фаз [6]. Во-вторых, повышается вязкость электролита, что приводит к понижению проводимости и снижению скорости диффузии ионов лития между электродами и внутрь электродных материалов [11]. В-третьих, при отрицательных температурах растет поляризация графитового анода, что сдвигает его потенциал ближе к потенциалу металлического лития, и, следовательно, происходит покрытие поверхности графита литием в процессе заряда [12].

В-четвертых, на поверхности электродов существует слой, образованный смесью оксидов лития – SEI (от английского solid electrolyte interphase). Чем ниже температура, тем выше сопротивление SEI, что препятствует интеркаляции ионов лития в материал электрода [13].

Одним из подходов к решению данной проблемы является создание самоподогреваемого аккумулятора [14, 15], который способен в ходе омического нагрева поддерживать более положительную температуру, чем окружающая среда. Однако такой подход является нестабильным и не позволяет создать эффективный ЛИА.

Улучшить производительность аккумуляторов в условиях низких температур может замена неорганических катодных материалов на органические. Обладая пористой структурой без жесткой решетки, органические полимеры могут обратимо деформироваться при интеркаляции и деинтеркаляции катионов лития [7]. И хотя часть емкости теряется при низких температурах из-за замедленной кинетики переноса заряда, она возвращается к исходной величине при нагреве до 20 °С, например, от 20 до 95 мАч·г$^{-1}$ для полимерного материала на основе политрифениламина [7]. Другим примером создания низкотемпературного органического электрода является композит углеродного материала с комплексом никеля саленового типа [16].

Анодные материалы

Углеродные анодные материалы для ЛИА впервые были коммерциализованы более 20 лет назад, но и в настоящее время графит остается основным материалом для анодов коммерческих ЛИА [17].

Углеродные материалы привлекательны для использования в качестве анода благодаря сочетанию низкой стоимости, доступности, высокого коэффициента диффузии лития, высокой электрической проводимости и относительно небольшого коэффициента изменения объема при литировании/делитировании (таблица 2).

Как видно из представленной таблицы, очень перспективным анодным материалом ЛИА является титанат лития $Li_4Ti_5O_{12}$ (LTO), так как он характеризуется высоким значением коэффициента диффузии лития и крайне низким изменением объема в процессе интеркаляции/деинтеркаляции лития (таблица 2). Однако потенциал LTO относительно лития высок и составляет порядка 1,7 В (vs Li/Li$^+$) [18].

Основными модификациями углеродных материалов, которые используются в качестве анодов ЛИА, являются графит и кокс. Емкость кокса обладает меньшим абсолютным значением как при комнатной температуре, так и при снижении температуры до -40 °С [19].

Поэтому с точки зрения производительности предпочтительно выбрать графит в качестве анода разрабатываемых низкотемпературных ЛИА. Принципиально важным параметром является размер частиц анодного материала [19, 20].

Кроме того, существуют еще несколько методов по улучшению заряд/разрядных характеристик углеродных анодов ЛИА, работающих при низких температурах, например,

ТАБЛИЦА 2. Свойства основных анодных материалов ЛИА [1]

Материал	Потенциал литирования (В)	Потенциал делитирования (В)	Коэффициент диффузии ($см^2 с^{-1}$)	Изменение объема
Графит	0,07; 0,10; 0,19	0,1; 0,14; 0,23	10^{-11}–10^{-7}	10 %
LTO	1,55	1,58	10^{-12}–10^{-11}	0,20 %
Si	0,05; 0,21	0,31; 0,47	10^{-13}–10^{-11}	270 %
Ge	0,2; 0,3, 0,5	0,5; 0,62	10^{-12}–10^{-10}	240 %
Sn	0,4; 0,57; 0,69	0,58; 0,7; 0,78	10^{-16}–10^{-13}	255 %
Li_2O (аморфный)	Не установлен	Не установлен	5×10^{-12}–5×10^{-10}	Не установлено

смешение с другими материалами [20], покрытия [21]. Естественно, использование всех этих методов будет приводить к удорожанию конечного анодного материала ЛИА, но в данном случае стоимость самого графита невелика, что позволит в конечном итоге создать оптимальный материал для анодов ЛИА как по свойствам, так и по стоимости.

Основной проблемой использования графита в качестве анодного материала ЛИА, работающих при низких температурах, является рост омической поляризации за счет снижения проводимости электролита при понижении температуры. В результате это приводит к замедлению скорости переноса ионов лития через ион-проводящий защитный слой (solid electrolyte interface/SEI), как за счет увеличения его толщины, так и за счет снижения коэффициента диффузии лития в нем.
В результате происходит снижение скорости переноса заряда, т.е. собственно электрохимической стадии процесса, а также снижение скорости диффузии лития в углероде [22]. Так, по данным [23], при снижении температуры от +60 до -40 °С сопротивление электролита в ячейке с графитовым электродом возросло от 3,3 до 39 Ом, сопротивление SEI от 10 до 1000 Ом и сопротивление переноса заряда от 15 до 35000 Ом. По данным этой же работы коэффициент диффузии лития в графите при переходе от +30 к -40 °С уменьшается в 12 раз в полностью литированном состоянии и в 25 раз в делитированном состоянии. Важно подчеркнуть, что в работе [24] отмечен тот факт, что энергия активации переноса заряда на электродах из углеродного материала, измеренная в диапазоне от -20 до 40 °С, заметно зависит от состава электролита: в растворах $LiPF_6$ и $LiBF_4$ в смеси этиленкарбонат (EC) – диметилкарбонат (DMC) она возрастала от 58 до 66 кДж/моль при увеличении содержания EC от 0 до 40 %. Близкие результаты приведены в [25]. Таким образом, при оптимальном в данном случае графитовом аноде выбор электролита будет оказывать сильное влияние на заряд/разрядные характеристики низкотемпературных ЛИА.

Электролит

Влияние электролита на низкотемпературное поведение ЛИА может проявляться через омические потери в нем, свойства поверхностных SEI, а также через скорость переноса заряда на границе раздела электрода с электролитом. Все эти эффекты зависят как от состава растворителя и природы электролитной соли, так и от разнообразных добавок в электролит, содержание которых невелико, а влияние весьма значительно. В настоящее время существует огромное количество низкотемпературных электролитов (таблица 3).

В многочисленных работах [23, 24, 27, 28] были исследованы различные сочетания двух и трехкомпонентных смесей карбонатных растворителей. Однако ни один из предложенных составов не может считаться оптимальным. Поэтому в работах [29, 30] было показано положительное влияние добавок этилацетат (EA) и метилбутират (MB). Такие добавки

ТАБЛИЦА 3. Остаточная емкость аккумуляторов при использовании различных электролитов при низких температурах [26]

Формула	Разрядная емкость (по сравнению с комнатной температурой)	Скорость разряда (1С соответствует разряду за 1 час)
$LiAsF_6$ EC – MF (1:3)	49 % (-2 °С)	C/20
$LiPF_6$ EC – DEC (3:7)	67 % (-20 °С)	C/20
$LiPF_6$ EC – DMC (3:7)	19 % (-20 °С)	C/20
$LiPF_6$ EC – DEC – DMC (1:1:1)	85 % (-20 °С)	C/20
$LiPF_6$ EC – DMC – EMC (1:1:1)	52 % (-20 °С)	–
$LiPF_6$ EC – EMC – MA (1:1:1)	50 % (-40 °С)	C/10
$LiPF_6$ EC – EMC – MA – tol (1:1:1:1)	50 % (-40 °С)	C/10
$LiPF_6$ EC – EMC – EP (3:4:4)	88 % (-20 °С)	C/5
$LiPF_6$ EC – DEC – EP (30:35:35)	60 % (-20 °С)	C/5
$LiPF_6$ EC – DEC – IPA (30:35:35)	73 % (-20 °С)	C/5
$LiPF_6$ EC – EMC – EA (3:4:4)	94 % (-20 °С)	C/5
$LiPF_6$ EC – DMC – MA (3:4:4)	94 % (-20 °С)	C/5
$LiPF_6$ EC – DMC – EA (не указано)	81 % (-40 °С)	C/2
$LiPF_6$ EC – DMC – MB (не указано)	87 % (-40 °С)	C/2
$LiPF_6$ PC – EC – MB (не указано)	98 % (-40 °С)	1C
$LiPF_6$ PC – EC – EMC (1:1:3)	83 % (-30 °С)	не указано

позволяли получать остаточную емкость более 80 % от номинальной при снижении температуры до -40 °С [31].

Важное значение для работы ЛИА имеют добавки не только растворителей, но и определенных солей. Так, в [32] было показано, что небольшие добавки солей цезия в электролит, содержащий одновременно EC и пропилен карбонат (PC) и, следовательно, способный работать при пониженных температурах, модернизируют SEI на графите, обеспечивая хорошую циклируемость. Природа электролитной соли вообще оказывает заметное влияние на низкотемпературные характеристики ЛИА. Например, замена $LiPF_6$ на $LiBF_4$ приводит к снижению активационной поляризации при температуре -20 °С [33]. Такой же эффект отмечен в работе [34]. В [35] показано, что определенная добавка бисоксалатобората лития (LiBOB) к $LiBF_4$ в электролитах на основе PC приводит к существенному улучшению SEI и к соответствующему повышению характеристик всего аккумулятора. В работе [36] авторы также показали положительное влияние добавки LiBOB в трехкомпонентном растворителе EC – этилметилкарбонат (EMC) – MB к соли электролита на сохранение емкости при понижении температур

Еще более качественные SEI на графите при низких температурах образуются при использовании вместо LiBOB структурно более простого соединения оксалилдифторбората лития (LiODFB) [37]. В [38] показано, что использование в качестве электролитной соли бис-трифторметансульфонилимида $LiN(SO_2CF_3)_2$ снижает сопротивление переноса заряда при пониженных температурах, что позволяет аккумулятору с электролитом, содержащим 0,9 М $LiN(SO_2CF_3)_2$ в смеси EC-DMC-EMC (15:37:48), при температуре -40 °С иметь разрядную емкость более 40 % от емкости при температуре 25 °С.

Таким образом, диапазон низкотемпературных электролитов и добавок к ним огромен и подбор электролита требует проведения как литературного поиска, так и предварительной экспериментальной работы. ●

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 20-03-00746 а

Литература

1. *Nitta, N.; Wu, F.; Lee, J.T.; Yushin, G. Li-ion battery materials: present and future. Materials Today 2015, 18, 252-264, doi:10.1016/j.mattod.2014.10.040.*
2. *Mizushima, K.; Jones, P.C.; Wiseman, P.J.; Goodenough, J.B. LixCoO2 (0<x<-1): A new cathode material for batteries of high energy density. Materials Research Bulletin 1980, 15, 783-789, doi:https://doi.org/10.1016/0025-5408(80)90012-4.*
3. *Du Pasquier, A.; Plitz, I.; Menocal, S.; Amatucci, G. A comparative study of Li-ion battery, supercapacitor and nonaqueous asymmetric hybrid devices for automotive applications. Journal of Power Sources 2003, 115, 171–178, doi:https://doi.org/10.1016/S0378-7753(02)00718-8.*
4. *Luo, Y.; Xu, X.; Zhang, Y.; Pi, Y.; Zhao, Y.; Tian, X.; An, Q.; Wei, Q.; Mai, L. Hierarchical Carbon Decorated Li3V2(PO4)3 as a Bicontinuous Cathode with High-Rate Capability and Broad Temperature Adaptability. Advanced Energy Materials 2014, 4, 1400107, doi:10.1002/aenm.201400107.*
5. *Plichta, E.J.; Hendrickson, M.; Thompson, R.; Au, G.; Behl, W.K.; Smart, M.C.; Ratnakumar, B.V.; Surampudi, S. Development of low temperature Li-ion electrolytes for NASA and DoD applications. Journal of Power Sources 2001, 94, 160-162, doi:https://doi.org/10.1016/S0378-7753(00)00578-4.*
6. *Ji, Y.; Zhang, Y.; Wang, C.-Y. Li-Ion Cell Operation at Low Temperatures. Journal of The Electrochemical Society 2013, 160, A636-A649, doi:10.1149/2.047304jes.*
7. *Dong, X.; Guo, Z.; Guo, Z.; Wang, Y.; Xia, Y. Organic Batteries Operated at -70°C. Joule 2018, 2, 902-913, doi:10.1016/j.joule.2018.01.017.*
8. *Jegal, J.-P.; Kim, K.-C.; Kim, M.S.; Kim, K.-B. A lithium iron phosphate/nitrogen-doped reduced graphene oxide nanocomposite as a cathode material for high-power lithium ion batteries. J. Mater. Chem. A 2014, 2, 9594-9599, doi:10.1039/c4ta01075b.*
9. *Luo, D.; Li, G.; Yu, C.; Yang, L.; Zheng, J.; Guan, X.; Li, L. Low-concentration donor-doped LiCoO2 as a high performance cathode material for Li-ion batteries to operate between -10.4 and 45.4°C. Journal of Materials Chemistry 2012, 22, doi:10.1039/c2jm35550g.*
10. *Qiao, Y.Q.; Tu, J.P.; Wang, X.L.; Gu, C.D. The low and high temperature electrochemical performances of Li3V2(PO4)3/C cathode material for Li-ion batteries. Journal of Power Sources 2012, 199, 287-292, doi:10.1016/j.jpowsour.2011.10.054.*
11. *Islam, M.S.; Fisher, C.A. Lithium and sodium battery cathode materials: computational insights into voltage, diffusion and nanostructural properties. Chemical Society reviews 2014, 43, 185-204, doi:10.1039/c3cs60199d.*
12. *Broussely, M.; Herreyre, S.; Biensan, P.; Kasztejna, P.; Nechev, K.; Staniewicz, R.J. Aging mechanism in Li ion cells and calendar life predictions. Journal of Power Sources 2001, 97-98, 13-21, doi:10.1016/s0378-7753(01)00722-4.*
13. *doi:10.1016/j.elecom.2011.07.014.*
14. *Wang, C.Y.; Zhang, G.; Ge, S.; Xu, T.; Ji, Y.; Yang, X.G.; Leng, Y. Lithium-ion battery structure that self-heats at low temperatures. Nature 2016, 529, 515-518, doi:10.1038/nature16502.*
15. *Ji, Y.; Wang, C.Y. Heating strategies for Li-ion batteries operated from subzero temperatures. Electrochimica Acta 2013, 107, 664-674, doi:10.1016/j.electacta.2013.03.147.*
16. *Alekseeva, E.; Stelmashuk, T.; Ershov, V.; Levin, O. Low-temperature energy storage performance of NiSalen type polymer and it's composite with SWCNT. Electrochimica Acta 2021, 383, doi:10.1016/j.electacta.2021.138309.*
17. *Anishchenko, D.V.; Levin, O.V.; Malev, V.V. Quasi-equilibrium voltammetric curves of polaron-conducting polymer films. Electrochimica Acta 2016, 188, 480-489, doi:10.1016/j.electacta.2015.11.044.*
18. *Hatchard, T.D.; Dahn, J.R. In Situ XRD and Electrochemical Study of the Reaction of Lithium with Amorphous Silicon. Journal of The Electrochemical Society 2004, 151, A838-A842, doi:10.1149/1.1739217.*
19. *Huang, C.K.; Sakamoto, J.S.; Wolfenstine, J.; Surampudi, S. Limits of low-temperature performance of Li-ion cells. Journal of The Electrochemical Society 2000, 147, 2893-2896, doi:10.1149/1.1393622.*
20. *Chen, C.H.; Liu, J.; Stoll, M.E.; Henriksen, G.; Vissers, D.R.; Amine, K. Aluminum-doped lithium nickel cobalt oxide electrodes for high-power lithium-ion batteries. Journal of Power Sources 2004, 128, 278-285, doi:https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2003.10.009.*
21. *Gowda, S.R.; Gallagher, K.G.; Croy, J.R.; Bettge, M.; Thackeray, M.M.; Balasubramanian, M. Oxidation state of cross-over manganese species on the graphite electrode of lithium-ion cells. Physical Chemistry Chemical Physics 2014, 16, 6898-6902, doi:10.1039/c4cp00764f.*
22. *Libich, J.; Vondrák, J.; Sedlařiková, M. Lithiated graphite materials for negative electrodes of lithium-ion batteries. Surface Engineering and Applied Electrochemistry 2015, 51, 196-201, doi:10.3103/s106837551502009x.*
23. *Yaqub, A.; Lee, Y.-J.; Hwang, M.J.; Pervez, S.A.; Farooq, U.; Choi, J.-H.; Kim, D.; Choi, H.-Y.; Cho, S.-B.; Doh, C.-H. Low temperature performance of graphite and LiNi0.6Co0.2Mn0.2O2 electrodes in Li-ion batteries. Journal of Materials Science 2014, 49, 7707-7714, doi:10.1007/s10853-014-8479-6.*
24. *Xu, K. "Charge-Transfer" Process at Graphite/Electrolyte Interface and the Solvation Sheath Structure of Li+ in Nonaqueous Electrolytes. Journal of The Electrochemical Society 2007, 154, A162-A167, doi:10.1149/1.2409866.*
25. *Wang, R.; Li, X.; Wang, Z.; Guo, H. Manganese dissolution from LiMn2O4 cathodes at elevated temperature: methylene methanedisulfonate as electrolyte additive. Journal of Solid State Electrochemistry 2016, 20, 19-28, doi:10.1007/s10008-015-2998-1.*
26. *Zhu, G.; Wen, K.; Lv, W.; Zhou, X.; Liang, Y.; Yang, F.; Chen, Z.; Zou, M.; Li, J.; Zhang, Y.; et al. Materials insights into low-temperature performances of lithium-ion batteries. Journal of Power Sources 2015, 300, 29-40, doi:10.1016/j.jpowsour.2015.09.056.*
27. *Lei, Z.; Zhang, C.; Li, J.; Fan, G.; Lin, Z. Preheating method of lithium-ion batteries in an electric vehicle. Journal of Modern Power Systems and Clean Energy 2015, 3, 289-296, doi:10.1007/s40565-015-0115-1.*
28. *Lu, W.; Xiong, S.; Xie, K.; Pan, Y.; Zheng, C. Identification of solid electrolyte interphase formed on graphite electrode cycled in trifluoroethyl aliphatic carboxylate-based electrolytes for low-temperature lithium-ion batteries. Ionics 2016, 22, 2095-2102, doi:10.1007/s11581-016-1743-9.*
29. *Hu, L.; Zhang, S.S.; Zhang, Z. Electrolytes for Lithium and Lithium-Ion Batteries. In Rechargeable Batteries: Materials, Technologies and New Trends, Zhang, Z., Zhang, S.S., Eds.; Springer International Publishing: Cham, 2015; pp. 231-261.*
30. *Smart, M.C.; Whitacre, J.F.; Ratnakumar, B.V.; Amine, K. Electrochemical performance and kinetics of Li1+x(Co1/3Ni1/3Mn1/3)1-xO2 cathodes and graphite anodes in low-temperature electrolytes. Journal of Power Sources 2007, 168, 501-508, doi:https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2006.10.106.*
31. *Herreyre, S.; Huchet, O.; Barusseau, S.; Perton, F.; Bodet, J.M.; Biensan, P. New Li-ion electrolytes for low temperature applications. Journal of Power Sources 2001, 97-98, 576-580, doi:https://doi.org/10.1016/S0378-7753(01)00670-X.*
32. *Zheng, J.; Yan, P.; Cao, R.; Xiang, H.F.; Engelhard, M.; Polzin, B.; Wang, C.; Zhang, J.-G.; Xu, W. Effects of Propylene Carbonate Content in CsPF6-Containing Electrolytes on the Enhanced Performances of Graphite Electrode for Lithium-Ion Batteries; 2016; Volume 8.*
33. *Smart, M.C.; Ratnakumar, B.V.; Whitcanack, L.D.; Chin, K.B.; Surampudi, S.; Croft, H.; Tice, D.; Staniewicz, R. Improved low-temperature performance of lithium-ion cells with quaternary carbonate-based electrolytes. Journal of Power Sources 2003, 119-121, 349-358, doi:https://doi.org/10.1016/S0378-7753(03)00154-X.*
34. *Zhang, S.; Xu, K.; Jow, T. Low-temperature performance of Li-ion cells with a LiBF4-based electrolyte. Journal of Solid State Electrochemistry 2003, 7, 147-151, doi:10.1007/s10008-002-0300-9.*
35. *Zhang, S.; Xu, K.; Jow, R. 087. Enhanced performance of Li-ion cell with LiBF 4PC based electrolyte by addition of small amount of LiBOB; 2006; Volume 156, pp. 629-633.*
36. *Lai, Y.; Peng, B.; Zhang, Z.; Li, J. A Wide Operating Temperature Range Electrolyte Containing Lithium Salts Mixture and a Co-Solvent for the LiFePO4 Cathode. Journal of The Electrochemical Society 2014, 161, A875-A879, doi:10.1149/2.023406jes.*
37. *Cappetto, A.; Cao, W.J.; Luo, J.F.; Hagen, M.; Adams, D.; Shelikeri, A.; Xu, K.; Zheng, J.P. Performance of wide temperature range electrolytes for Li-Ion capacitor pouch cells. Journal of Power Sources 2017, 359, 205-214, doi:10.1016/j.jpowsour.2017.05.071.*
38. *Mandal, B.K.; Padhi, A.K.; Shi, Z.; Chakraborty, S.; Filler, R. Thermal runaway inhibitors for lithium battery electrolytes. Journal of Power Sources 2006, 161, 1341-1345, doi:https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2006.06.008.*

KEYWORDS: *lithium ion batteries, arctic conditions, low-temperature batteries, cathode materials, anode materials.*

МОРСКИЕ СПАСАТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ

УДК 627.772

В СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЕТСЯ ВОПРОС О НЕОБХОДИМОСТИ АКТУАЛИЗАЦИИ ДЕЙСТВУЮЩИХ СТАНДАРТОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ФУНКЦИОНИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ (АСО) МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ «ГАЗПРОМА» ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЕ АСО НАДЛЕЖАЩЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ПОСРЕДСТВОМ ВВЕДЕНИЯ ПОНЯТИЯ «МОРСКАЯ СПАСАТЕЛЬНАЯ ОПЕРАЦИЯ» (МСО) КАК ЕДИНСТВЕННО ВОЗМОЖНОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ФОРМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ДОСТИЖЕНИЯ ДЕКЛАРИРУЕМЫХ «ГАЗПРОМОМ» ЦЕЛЕЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ АСО. СОДЕРЖАНИЕМ И ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕМ МСО ЯВЛЯЕТСЯ ВЫПОЛНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ АВАРИЙ, НЕ ПОПАДАЮЩИХ ПОД ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. ВВЕДЕНИЕ ПОНЯТИЯ МСО ЯВЛЯЕТСЯ ИСКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ МЕРОЙ, СПОСОБНОЙ ОБЕСПЕЧИТЬ ВОЗМОЖНОСТЬ ЗАБЛАГОВРЕМЕННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ, СВОЕВРЕМЕННОЙ ПОДГОТОВКИ И ЭФФЕКТИВНОГО РЕАГИРОВАНИЯ НА ОБЪЕКТИВНО СУЩЕСТВУЮЩУЮ И НЕИЗБЕЖНУЮ НЕОДНОЗНАЧНОСТЬ ВОЗМОЖНОГО РАЗВИТИЯ АВАРИЙ ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ НАУЧНО ОБОСНОВАННОГО АЛГОРИТМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ НА МСО В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

THE ARTICLE DISCUSSES THE NEED TO UPDATE THE CURRENT STANDARDS AND RECOMMENDATIONS ON THE FUNCTIONING OF THE EMERGENCY RESCUE SUPPORT SYSTEM (ASO) FOR OFFSHORE FACILITIES OF GAZPROM TO ENSURE THE ASO SYSTEM PROPER EFFICIENCY AND FUNCTIONALITY BY INTRODUCING THE CONCEPT OF "MARINE RESCUE OPERATION" (MRO) AS THE ONLY POSSIBLE ORGANIZATIONAL FORM OF EFFECTIVE ACHIEVEMENT OF THE GOALS DECLARED BY GAZPROM FOR THE ASO SYSTEM. THE CONTENT AND PURPOSE OF THE MSO IS TO PERFORM VARIOUS EMERGENCY RESCUE OPERATIONS TO ELIMINATE EMERGENCIES AND TO ELIMINATE ACCIDENTS THAT DO NOT FALL UNDER THE DEFINITION OF EMERGENCIES. THE INTRODUCTION OF THE CONCEPT OF "MRO" IS AN EXCEPTIONAL MEASURE CAPABLE OF PROVIDING THE POSSIBILITY OF EARLY FORECASTING, TIMELY PREPARATION AND EFFECTIVE RESPONSE TO THE OBJECTIVELY EXISTING AND INEVITABLE AMBIGUITY OF THE POSSIBLE DEVELOPMENT OF ACCIDENTS THROUGH THE USE OF A SCIENTIFICALLY BASED DECISION-MAKING ALGORITHM ON THE MRO IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY

Ключевые слова: *чрезвычайная ситуация, аварийно-спасательное обеспечение, морские спасательные операции, поисково-спасательная операция, нормативное регулирование, безопасность морской деятельности, морская платформа.*

Вальдман Николай Александрович
ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург, к.т.н.

Виноградов Фёдор Дмитриевич
НТО судостроителей им. академика А.Н. Крылова

Илюхин Виктор Николаевич
НТО судостроителей им. академика А.Н. Крылова, д.т.н.

В условиях начавшегося периода долговременного военно-политического и геостратегического противостояния произошел качественный рост роли и значения «Газпрома» как источника минеральных и финансовых ресурсов.

Отныне задачу надежного обеспечения бесперебойной и безаварийной эксплуатации морских добычных комплексов «Газпрома» надлежит рассматривать в качестве одной из приоритетных государственных задач,

имеющих общенациональное и в определенной мере геостратегическое значение. Вследствие чего возросла значимость дальнейшего развития и эффективного функционирования системы Аварийно-спасательного обеспечения (далее – «система АСО «Газпрома», «АСО» либо «система АСО») как одного из магистральных направлений практического решения этой задачи.

При этом следует особо отметить, что намеренные повреждения добычных морских объектов РФ уже являются объективной реальностью и для «Газпрома», как и других участников морской деятельности РФ, могут представлять долговременную тенденцию.

Поэтому область эффективного функционирования системы АСО должна охватывать не только случаи повреждения морских добычных комплексов вследствие аварий или естественных для морской среды обстоятельств непреодолимой силы, но и случаи намеренного повреждения данных комплексов.

Это требует введения новых форм и освоения новых сфер функционирования системы АСО «Газпрома».

Произошедшие 26 сентября 2022 года намеренные повреждения трубопроводов «Северный поток-1» и «Северный поток-2» неизбежно повлекут за собой выстраивание отвечающей характеру фактических угроз современной и эффективной системы физической защиты от несанкционированного воздействия как морских добычных комплексов, так и всей морской инфраструктуры «Газпрома».

Необходимо обеспечить тесную взаимную интегрированность обновленной системы АСО «Газпрома» и системы физической защиты от несанкционированного воздействия морских объектов в целях обеспечения антитеррористической устойчивости данных объектов.

РИС. 1. Повреждение газопроводов «Северный поток-1» и «Северный поток-2» в районе острова Борнхольм. Радиус газообразования на поверхности моря составляет несколько сотен метров

В рассматриваемом аспекте надлежащим образом переработанная система АСО «Газпрома» должна стать эффективным инструментом минимизации последствий намеренных повреждений и террористического воздействия.

Морская спасательная операция – обязательное звено законодательно установленного алгоритма процесса функционирования любой системы АСО

Каждая ведомственная, корпоративная либо объектовая система АСО представляет собой частную организационную форму реализации морского спасания.

Обязательные для реализации законодательные, международно-правовые и доктринальные основы построения любой системы АСО определены правовым содержанием небольшой группы ключевых понятий нормативных правовых актов российского законодательства, международного морского права и основополагающего документа в сфере морской деятельности РФ.

Морское спасание в значительной мере регулируется как отдельными правовыми нормами, так и взаимосвязанными нормативными комплексами (т.н. «правовыми институтами») различных отраслей законодательства РФ и международного морского права.

В настоящее время процесс осуществления морского спасания на законодательном уровне объективно представлен логически взаимосвязанной смысловой цепью правовых понятий различных нормативных правовых актов. На рисунке 2 дана смысловая цепь правовых понятий:

- «поисково-спасательное обеспечение морской деятельности» п. 71 Морской доктрины РФ, утвержденной Указом Президента РФ от 31 июля 2022 года № 512 [1];
- [создание и поддержание] «адекватного и эффективного поисково-спасательного потенциала» ч. 3 ст. 3 Соглашения о сотрудничестве в авиационном и морском поиске и спасании в Арктике 12 мая 2011 года [2] (поз. 1 рисунка 2);
- [задействование процессов, позволяющих постоянно совершенствовать использование, возможности, характеристики и количество] «ресурсов SAR» (поисково-спасательных ресурсов) п. 6.1.13 тома 1 Руководства по международному авиационному и морскому поиску и спасанию (МАМПС) [3] (поз. 2 рисунка 2);
- [способствование повышению] «эффективности поисково-спасательных операций» части 2 статьи 9 Соглашения о сотрудничестве в авиационном и морском поиске и спасании в Арктике 12 мая 2011 года [2] (поз. 3 рисунка 2);
- «эффективные и своевременные спасательные операции» [как основное средство достижения целей морского спасания] третьего абзаца преамбулы Международной конвенции о спасании 1989 года [4] (поз. 4 рисунка 2);

РИС. 2. Законодательно сформированная смысловая цепь правовых понятий различных нормативных правовых актов. При выпадении хотя бы одного промежуточного звена данной цепи начало реализации либо успешное завершение морского спасания будут невозможны

- [условия (ситуация)] «неопределенности», [в которых работают организации SAR] п. 6.3.3 Руководства по международному авиационному и морскому поиску и спасанию (МАМПС) [3] (поз. 5 рисунка 2);
- «аварийно-спасательные работы» ст. 1 ФЗ от 22 августа 1995 г. № 151-ФЗ (ред. от 01.07.2021) «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» [5] (поз. 6 рисунка 2);
- «полезный результат» ч. 1 ст. 12 Международной конвенции о спасании 1989 года [4] (поз. 7 рисунка 2).

В данной смысловой цепи каждое предшествующее правовое понятие (группа понятий) является порождающей причиной (обязательным условием реализации) последующего. При выпадении хотя бы одного промежуточного звена понятийной смысловой цепи начало реализации либо успешное завершение морского спасания станут попросту невозможными. Достижение «полезного результата» морского спасания невозможно без проведения «аварийно-спасательных работ» необходимого вида и параметров. Организация и проведение таких «аварийно-спасательных работ» невозможны без задействования необходимых ресурсов и выполнения иных действий и мер всестороннего обеспечения аварийно-спасательных работ, а для этого необходимо развертывание под единым руководством «эффективной и своевременной спасательной операции». Для обеспечения «эффективности спасательной операции» необходима реализация комплекса рационально обоснованных мер и действий по преодолению ситуации «неопределенности». Кроме того, требуемые «своевременность и эффективность спасательной операции» невозможны без заблаговременной реализации комплекса организационно-технических мероприятий, других действий и мер по формированию «адекватного и эффективного поисково-спасательного потенциала», в том числе и «ресурсов SAR». В свою очередь, данный комплекс организационно-технических мероприятий (равно как и проведение самой спасательной операции и др. действий) должен быть реализован в рамках единой системы – т.е. системы поисково-спасательного обеспечения морской деятельности. Таким образом, все звенья рассматриваемой смысловой цепи охвачены объемом доктринального понятия «поисково-спасательное обеспечение морской деятельности».

На рис. 2 также представлено и понятие «аварийно-спасательное обеспечение», используемое в подзаконных нормативных правовых актах и корпоративных стандартах.

Понятие «аварийно-спасательное обеспечение, явно не охватывающее своим объемом «выполнение работ по подъему затонувших кораблей и судов», является видовым понятием по отношению к родовому доктринальному понятию «поисково-спасательное обеспечение морской деятельности» и представляет собой частную форму реализации «поисково-спасательного обеспечения морской деятельности» в производственной сфере «Газпрома».

Обозначая обязательные ступени, которые непременно необходимо пройти для достижения полезного результата морского спасания, законодательно сформированная смысловая цепь правовых понятий (рис. 2) является не только подлежащим неукоснительному исполнению нормативным установлением (в форме максимально укрупненного пошагового алгоритма). Данная понятийная цепь (пошаговый алгоритм, условная «лестница») отражает основное содержание прагматической логики и ключевой здравый смысл морского спасания – физически невозможно не только сразу же оказаться на верхней площадке этой понятийной лестницы, минуя все ступени, но и пропустить хотя бы одну ее ступень. Игнорирование обязательности исполнения данного пошагового алгоритма непременно приводит к утрате любой системой АСО надлежащей функциональности и эффективности (что и наблюдается в настоящее время на печальном примере системы АСО «Газпрома»).

Особенности развития системы АСО «Газпрома» и обусловленные ими основные недостатки стандартов и рекомендаций

Ключевой особенностью дальнейшего развития системы АСО морских месторождений в «Газпрома» является то, что оно выполняется в условиях отсутствия в РФ централизованной, научно обоснованной политики совершенствования федеральной системы поиска и спасания на море (ФСПС). Несмотря на декларируемую в Стратегии развития морской деятельности РФ до 2030 года и в Морской доктрине РФ от 31 июля 2022 года задачу приоритетного развития ФСПС, в настоящее время сформировалась устойчивая тенденция невыполнения ранее принятых решений по развитию ФСПС, в том числе и решения Морской коллегии при Правительстве РФ от 27 сентября 2013 года №3 (21) «О проекте Концепции развития системы поисково-спасательного (ПСО) морской деятельности РФ», отмена пункта «а» статьи 84 Морской доктрины РФ от 26 июля 2015 года в части определения федерального органа исполнительной власти (ФОИВ), ответственного за развитие ФСПС на море, исключение раздела о единой технической политике в области создания средств поиска и спасания людей на море и водных бассейнах в «Правилах осуществления взаимодействия ФОИВ, субъектов РФ и организаций при проведении поисковых и спасательных операций на море», введенных Постановлением Правительства РФ от 25 ноября 2020 года № 1928 взамен «Положения о взаимодействии АСС министерств, ведомств и организаций на море и водных бассейнах России» от 1995 г. и др. До настоящего времени отсутствует единая система ПСО морской деятельности России как подсистема единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) по аналогии с действующей единой системой авиационно-космического поиска и спасания в Российской Федерации, созданной Постановлением Правительства РФ от 23 августа 2007 года № 538. Данный аспект и предопределяет основные недостатки нормативно-правовой базы «Газпрома».

Основные недостатки стандартов и рекомендаций

Отсутствие понятия «морская спасательная операция» («спасательная операция», «поисково-спасательная операция») в системе СТО и рекомендаций «Газпрома», вместо которого ошибочно используется понятие «аварийно-спасательные работы», является ключевым изъяном и первопричиной недостатков: из показанного в разделе 1 настоящей статьи смыслового понятийного ряда после его интерпретации разработчиками стандартов и рекомендаций в области АСО «Газпрома» выпало понятие «морская спасательная операция» («морская операция», «поисково-спасательная операция», обозначающая форму и единственно возможный способ продуцирования АСР и решения задач АСО), вследствие чего образован понятийный разрыв между декларируемыми целями АСО «Газпрома» и практической реализацией действий по достижению этих целей.

В логическом аспекте использование в действующих стандартах «Газпрома» термина «аварийно-спасательные работы» вместо действительно необходимого – «морская спасательная операция» («спасательная операция», «поисково-спасательная операция») является опасной подменой понятий.

Такая подмена понятий автоматически исключает из сферы принятия решений соответствующих руководителей «Газпрома» многочисленные и фактически существующие в сфере АСО ситуации неопределенности. Данные ситуации, как и скрытые навигационные опасности либо морские мины, объективно проявляются лишь в момент причинения ими неприемлемого вреда.

Следует особо пояснить, что ситуация неопределенности является наиболее значимым существенным отличительным признаком морских спасательных операций от морских операций других видов. Недостаток информации, необходимой для исчерпывающего обоснования управленческих решений, в той либо иной мере сопутствует каждой реальной морской спасательной операции.

Начало морской спасательной операции невозможно отложить до момента получения недостающей информации. Поэтому руководитель морской спасательной операции вынужден принимать важнейшие решения в ситуации полной либо частичной неопределенности. Делать неочевидный и неоднозначный выбор из имеющихся альтернативных вариантов, полагаясь только лишь на свою интуицию и здравый смысл. При том, что последующая оценка правильности (а иногда и правомерности) принятых им решений будет производиться на основании тех сведений, которые еще не были ему известны в момент принятия этих неоднозначных решений.

В историческом аспекте упорное использование в действующих стандартах «Газпрома» термина «аварийно-спасательные работы» вместо действительно необходимого понятия «морская спасательная операция» является рудиментом эпохи случайного спасания, оставшейся в 19 веке. Случайно оказавшееся в зоне проведения АСР транзитное торговое судно тогда действительно не несло особых целевых спасательных издержек, а попросту выполняло посильные для него простейшие АСР (подбор людей с поверхности воды, подача буксира и др.). Осуществления какого-то особого всестороннего обеспечения (а значит и развертывания МСО) при выполнении таких простейших АСР не требовалось.

Однако при спасении морских платформ различного типа МНПП «Газпрома» – самом технологически сложном виде современного морского спасания – применение такого подхода давно ушедшей эпохи случайного спасания неприемлемо.

Терминологическая основа системы АСО «Газпрома» не соответствует объективной реальности в сфере морского спасания и современным требованиям международного морского права: термины «Газпрома» не обозначают часть реально существующих явлений (в рекомендациях и стандартах отсутствует понятие МСО – реально существующая и единственно возможная форма организации действий, понятие «ситуация неопределенности», которое стандарты и рекомендации «Газпрома» попросту «не видят») и обозначают несуществующие (т.е. искажают картину мира и делают невозможным его адекватное восприятие и анализ, а значит, и построение правильных умозаключений, обоснованных выводов и верной эффективной стратегии достижения целей).

Сложившаяся в настоящее время система СТО и рекомендаций в области АСО «Газпрома» характеризуется эклектичностью, бессистемностью, смысловой несвязностью и взаимной противоречивостью.

Необходимо осознавать, что в настоящее время реальную угрозу для государственных и корпоративных интересов представляют как продолжающееся действие, так и введение в нормативный оборот новых стандартов с ошибками (в понятийном аппарате, организации управления спасательными силами и средствами, порядке подчиненности и др.). Наличие таких стандартов приносит больший вред, чем вообще отсутствие каких-либо стандартов, поскольку исключает даже случайную возможность принятия верных решений и выполнения правильных действий (в случаях их противоречия ошибочным нормативным предписаниям).

Аспекты несовершенства законодательства РФ в части правового регулирования АСО морских объектов и способы устранения недостатков

Отмеченные недостатки стандартов и рекомендаций в области АСО обусловлены не только негативными особенностями развития данной системы, но и отдельными недостатками применимых норм законодательства РФ.

Недостатки законодательства РФ в части регулирования морского спасания обусловлены наложением сфер применения нормативных правовых актов различных отраслей законодательства.

Такое наложение, например, привело к обозначению одним и тем же термином «поисково-спасательная операция» различных правовых понятий.

Номинальное распространение сферы применения законодательства о ликвидации чрезвычайных ситуаций также и на территориальное море РФ как неотъемлемую часть суверенной территории РФ повлекло за собой неоднозначность уяснения правового значения термина «аварийно-спасательные работы», игнорирование объективно существующих особенностей процесса спасания в морской среде и др.

В настоящее время пределы и основное содержание нормативного правового регулирования общественных отношений, связанных с проведением морских спасательных операций, определены содержанием следующих правовых понятий:

- понятия «ликвидация чрезвычайных ситуаций» статьи 1 Федерального закона от 21 декабря 1994 года № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуация природного и техногенного характера» [6];
- понятия «поисково-спасательная операция» пунктов 1 и 2 статьи 16 Федерального закона от 31 июля 1998 года № 155-ФЗ «О внутренних морских водах, территориальном море и прилежащей зоне Российской Федерации» [7];
- понятия «поисково-спасательная операция (search and rescue operation; SAR operation)» четвертого абзаца преамбулы Международной конвенции по поиску и спасанию на море 1979 года [8] (далее – SAR-79) и соответственно – Руководства по международному авиационному и морскому поиску и спасанию (далее – МАМПС);
- понятия «спасательная операция (salvage operation)» пункта «а» ст. 1 Международной конвенции о спасании 1989 года.

Каждый из перечисленных действующих нормативных правовых актов издан для достижения своих особых целей и имеет особый предмет правового регулирования – совокупность общественных отношений, обозначенных основным правовым понятием. Поэтому указанные правовые понятия (достаточно близкие по значению) объективно не могут быть полностью тождественными.

Термином понятия «ликвидация чрезвычайных ситуаций» Федерального закона от 21 декабря 1994 года № 68-ФЗ обозначены все виды осуществляемых на территории РФ неотложных работ, направленных на: поиск и спасение жизни людей; снижение размеров материальных потерь; снижение размеров ущерба окружающей среде; локализацию зон чрезвычайных ситуаций; прекращение действий опасных факторов; сохранение здоровья людей.

Термином понятия «поисково-спасательная операция» Федерального закона от 31 июля 1998 года № 155-ФЗ обозначена осуществляемая во внутренних морских водах и в территориальном море РФ совокупность правомерных действий (как аварийно-спасательных работ (АСР), так и вообще любых других видов необходимых и неотложных работ, действий, мер и пр.), производимых в рамках единой морской операции и направленных на: поиск людей и/или аварийных судов; спасение жизни людей; спасение аварийных судов и буксировку аварийных судов.

Данным термином не обозначаются действия по подъему затонувших судов и грузов.

Термином понятия «поисково-спасательная операция (search and rescue operation; SAR operation) SAR-79 обозначена осуществляемая в морской среде совокупность любых правомерных действий, производимых в рамках единой морской операции и направленных на: поиск (обнаружение) людей, терпящих бедствие и спасение жизни этих людей (вызволение, оказание помощи и доставка в безопасное место).

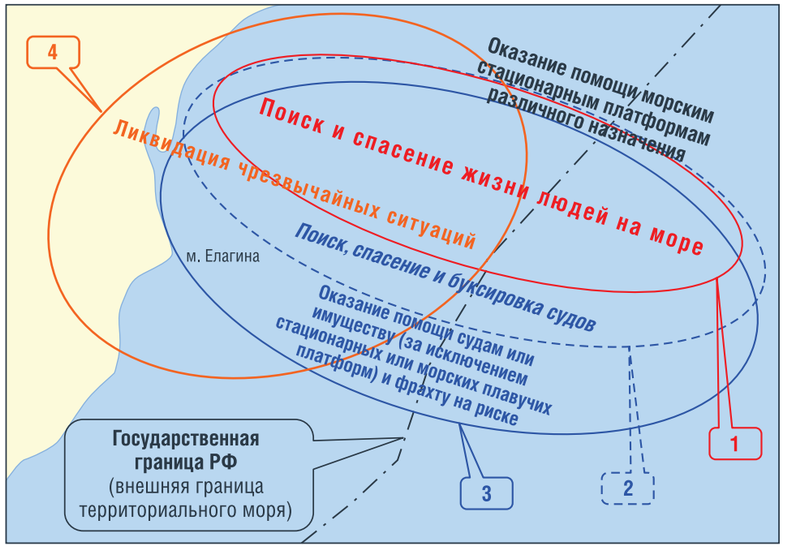
Термином понятия «спасательная операция (salvage operation)» Международной конвенции о спасании 1989 года обозначены любые действия, предпринимаемые в судоходных или в любых других водах для: поиска судна, находящегося в опасности; спасения жизни людей; оказания помощи судну, находящемуся в опасности; спасения любого другого имущества, не прикрепленного постоянно и преднамеренно к побережью и находящегося в опасности, и фрахта на риске.

Частью 4 статьи 337 Кодекса торгового мореплавания РФ [9] сделано следующее изъятие из действия его правил: «Правила, установленные настоящей главой, не распространяются на: стационарные платформы или морские плавучие платформы, если такие платформы осуществляют в местах их расположения разведку и разработку минеральных и других неживых ресурсов морского дна и его недр».

Соотношение между вышеперечисленными правовыми понятиями представлено в форме диаграммы (рис. 3).

Как было отмечено, отношения, связанные с оказанием помощи стационарным платформам или морским плавучим платформам (когда такие платформы

РИС. 3. Диаграмма отношений между понятиями по объему



1 – понятие «поисково-спасательная операция» SAR-79

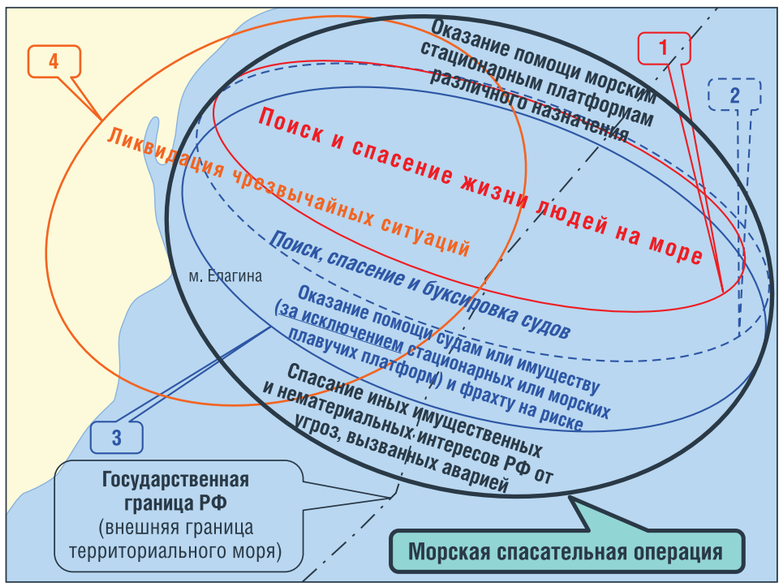
2 – понятие «поисково-спасательная операция» Федерального закона от 31 июля 1998 года № 155-ФЗ «О внутренних морских водах, территориальном море и прилежащей зоне Российской Федерации»

3 – понятие «спасательная операция (salvage operation)» Международной конвенции о спасании 1989 года

4 – понятие «ликвидация чрезвычайных ситуаций» статьи 1 Федерального закона от 21 декабря 1994 года № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»

осуществляют в местах их расположения разведку и разработку минеральных и других неживых ресурсов морского дна и его недр) лишь частично охвачены правовым регулированием. При этом содержательным специальным нормативным регулированием охвачены только отношения, связанные со спасанием жизни людей. Налицо пробел специального нормативного регулирования, прежде всего отношений, связанных с оказанием помощи стационарным платформам или морским плавучим платформам, когда такие платформы осуществляют в местах из расположения разведку либо добычу минеральных ресурсов морского дна. Восполнение показанного пробела нормативного регулирования целесообразно произвести посредством подзаконного, ведомственного и корпоративного нормотворчества. Для чего представляется целесообразным введение в нормативный и профессиональный оборот нового правового понятия «морская спасательная операция» (рис. 4), которое своим объемом охватывало бы все без исключения виды морского спасания.

РИС. 4. Объем нового правового понятия «морская спасательная операция», предлагаемого к введению в нормативный и профессиональный оборот



1 – понятие «поисково-спасательная операция» SAR-79

2 – понятие «поисково-спасательная операция» Федерального закона от 31 июля 1998 года № 155-ФЗ «О внутренних морских водах, территориальном море и прилежащей зоне Российской Федерации»

3 – понятие «спасательная операция (salvage operation)» Международной конвенции о спасании 1989 года

4 – понятие «ликвидация чрезвычайных ситуаций» статьи 1 Федерального закона от 21 декабря 1994 года № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуация природного и техногенного характера»

При оказании помощи стационарным платформам или морским плавучим платформам, осуществляющим в местах их расположения разведку и разработку минеральных и других неживых ресурсов морского дна и его недр, объективно применяются все показанные на диаграмме рисунка 3 виды морского спасания. Поэтому ключевым понятием новых Правил («морская спасательная операция») должны быть охвачены не только морские спасательные операции по оказанию помощи этим платформам, но и все другие виды морских спасательных операций.

Федеральным законом от 18 июля 2017 года № 167-ФЗ были внесены изменения в статью 5 «Виды аварийно-спасательных работ» Федерального закона от 22 августа 1995 г. № 151-ФЗ (ред. от 01.07.2021) «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» [5]. В частности, в дополнение к уже существующему определению (к дефинитивной норме) понятия «аварийно-спасательные работы» статьи 1 данного федерального закона («аварийно-спасательные работы – действия по спасению людей, материальных и культурных ценностей, защите природной среды в зоне чрезвычайных ситуаций, локализации чрезвычайных ситуаций и подавлению или доведению до минимально возможного уровня воздействия характерных для них опасных факторов») изданы дефинитивные нормы (определения) противофонтанных, поисково-спасательных и других видов аварийно-спасательных работ (далее – АСР). В соответствии с данными нормами все перечисленные виды АСР, помимо прочего, охватывают и «действия, направленные на поиск и спасение людей, материальных ... ценностей».

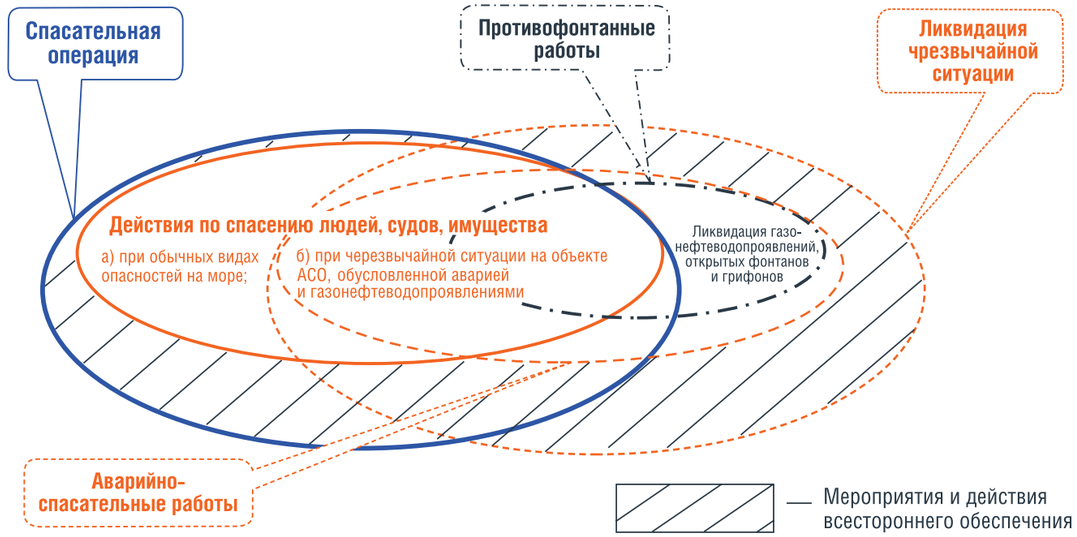
В результате такого наслоения определений возникла неоднозначность уяснения нормативных предписаний закона о месте указанных действий в общей структуре АСР. Являются ли «действия, направленные на поиск и спасение людей, материальных ... ценностей» самостоятельным видом АСР или только лишь составной частью противофонтанных, поисково-спасательных и других перечисленных видов АСР?

Возникшая неоднозначность уяснения указанных нормативных предписаний повлекла за собой и неоднозначность в определении границ сферы действия всей системы АСО. До внесения в Федеральный закон [5] анализируемых изменений сферу действия системы АСО (хотя и не вполне корректно) можно было определить на основании лексической близости терминов «аварийно-спасательное обеспечение» и «аварийно-спасательные работы», отграничивая собственно спасательные действия от прочих действий. Сейчас же возникла дилемма: распространяется ли, в частности, сфера действия системы АСО на ликвидацию газонефтеводопроявлений, неуправляемого истечения пластовых флюидов (открытых фонтанов) и грифонообразования или нет?

Возникшую дилемму следует разрешить на основании коллизионной нормы пункта 4 статьи 15 Конституции Российской Федерации: «...Если международным договором Российской Федерации установлены иные правила, чем предусмотренные законом, то применяются правила международного договора». Нормой пункта «a» статьи 1 Международной конвенции о спасании 1989 года установлена подлежащая в данном случае к применению следующая дефинитивная норма: ««спасательная операция» означает любое действие или деятельность, предпринимаемые для оказания помощи судну или любому другому имуществу, находящимся в опасности в судоходных водах или любых других водах». При этом в соответствии с общим смыслом статьи 16 данной международной конвенции действия или деятельность, составляющие спасательную операцию, включают также и действия по спасанию людей. Кроме того, в соответствии с общим смыслом второго и третьего абзацев преамбулы, а также пункта «d» статьи 1, подпункта «b» пункта 1 статьи 8, подпункта «b» пункта 1 статьи 13 и статьи 14 данной международной конвенции действия или деятельность, составляющие спасательную операцию, включают также и действия по предотвращению и/или минимизации причинения обусловленного аварией ущерба окружающей среде. Дефинитивная норма, установившая понятие «спасательная операция», является новеллой Международной конвенции о спасании 1989 года. Посредством данного понятия определены пределы применения правил данной международной конвенции и сферы морского спасания вообще, и, следовательно, системы АСО в частности. В соответствии с требованиями рассматриваемой дефинитивной нормы определяющими критериями отграничения данных сфер являются: факт нахождения в опасности объектов спасания и факт аварии судна или другого морского объекта.

Дефинитивная норма, как и любая другая установленная законодателем норма, является подлежащим неукоснительному выполнению предписанием. Применительно к системе АСО «Газпрома» и к рассматриваемой дефинитивной норме данное предписание заключается в обязательности использования в системе АСО «Газпрома» термина «спасательная операция» для обозначения любых действий по спасанию людей, по оказанию помощи судну или любому другому имуществу, находящимся в опасности, а также действий по предотвращению и/или минимизации причинения обусловленного аварией ущерба окружающей среде. Дефинитивной нормой пункта 3.1.2 Приложения к Международной конвенции по поиску и спасанию на море 1979 года понятие «спасание» определяется в качестве операции, осуществляемой с целью спасения лиц, терпящих бедствие на море. Для обозначения совокупности понятий «спасание» и «поиск» в конвенции использован специальный термин «поисково-спасательная операция». Участники конвенции не придали специальное значение термину «операция» (который они использовали для обозначения родового понятия в структуре анализируемой дефинитивной нормы). Поэтому значение данного термина в соответствии с требованиями норм статьи 31 Венской Конвенции о праве международных договоров (Вена, 23 мая 1969 г.) надлежит определить в соответствии с обычным значением, которое

РИС. 5. Диаграмма отношений по объему между понятиями, обозначенными терминами: «противофонтанные работы», «аварийно-спасательные работы», «спасательная операция», «ликвидация чрезвычайной ситуации», «неотложные работы при ликвидации ЧС» (мероприятия и действия всестороннего обеспечения)



следует придать терминам данной конвенции в их контексте, а также в свете объекта и целей конвенции. В обычном (общепринятом, применимом специально лексическом) значении термином «операция» (на море) обозначается осуществляемая под единым руководством совокупность согласованных и взаимосвязанных по цели, задачам, месту и времени одновременных и последовательных действий разнородных сил и средств, проводимых по единому замыслу и плану.

Необходимо также заметить, что в прикладном аспекте действия и/или деятельность, обозначаемые как термином «поисково-спасательная операция», так и термином «спасательная операция» Международной конвенции о спасании 1989 года, можно разделить на две группы. К первой относятся непосредственные действия по поиску и спасанию аварийных объектов. Ко второй более обширной группе – разнообразные действия, деятельность, мероприятия по обеспечению возможности выполнения непосредственных поисковых и спасательных действий (т.е. действия и мероприятия всестороннего обеспечения).

Использование понятия «спасательная операция» в системе АСО «Газпрома» обусловливает необходимость определения его отношений с другими основными понятиями, использованными при разработке применимых стандартов «Газпрома».

Наиболее близким по содержанию к понятию «спасательная операция» является понятие «ликвидация чрезвычайных ситуаций» Федерального закона от 21 декабря 1994 года № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуация природного и техногенного характера» (редакция от 30.12.2008). Так же, как и спасательная операция, ликвидация чрезвычайных ситуаций состоит из непосредственных действий по ликвидации чрезвычайной ситуации, обозначенных термином «аварийно-спасательные работы», и деятельности по их всестороннему обеспечению, обозначенной термином «неотложные работы при ликвидации чрезвычайных ситуаций». Дефинитивные нормы обозначенных данными терминами понятий приведены в статье 1 Федерального закона [5]. Следует особо подчеркнуть, что своим объемом оба понятия охватывают только аварийно-спасательные работы и деятельность по их всестороннему обеспечению в условиях чрезвычайной ситуации (ЧС), в то время как спасательная операция может осуществляться также и вне зоны чрезвычайной ситуации, а также для минимизации ущерба от аварии морского объекта, которая не обусловила возникновение чрезвычайной ситуации.

Ликвидация чрезвычайной ситуации на море осуществляется в форме морской операции. В случае наличия в зоне ЧС находящихся в опасности объектов спасания одновременно осуществляется и спасательная операция. При этом во исполнение требований принципа единоначалия, установленного нормами статьи 3 Федерального закона [5] обе операции должны осуществляться под единым руководством.

Отношения по объему между понятиями «спасательная операция», «ликвидация чрезвычайных ситуаций», «аварийно-спасательные работы», «неотложные работы при ликвидации чрезвычайных ситуаций» и «противофонтанные работы» представлены в форме диаграммы на рис. 5 [10].

В целях устранения показанной неоднозначности уяснения правового значения термина «аварийно-спасательные работы» целесообразно ввести в нормативный оборот новое

правовое понятие «морские аварийно-спасательные работы». При этом необходимо отметить, что исторически сам термин «аварийно-спасательные работы» начиная с образования советской специализированной морской спасательной службы «ЭПРОН» 17 декабря 1923 года использовался только и исключительно в качестве специального термина морского спасания. Лишь в период активного законодательного нормотворчества в сфере ликвидации чрезвычайных ситуаций данный морской специальный термин был «позаимствован» (а фактически изъят) из сферы морского спасания. Образовавшийся вследствие такого изъятия пробел в понятийном аппарате морского спасания и предлагается восполнить посредством введения в оборот предлагаемого термина «морские аварийно-спасательные работы».

Необходимость актуализации и гармонизации понятийно-терминологического аппарата

Для предупреждения понятийных ошибок при разработке нормативных документов в сфере АСО необходим единый понятийно-терминологический аппарат, соответствующий нормам международного морского права. В настоящее время по причине произошедших изменений некоторых отдельных положений федеральных законов РФ в области защиты населения и территорий от ЧС, а также вступления в силу положений вновь заключенных международных договоров РФ часть действующих стандартов и рекомендаций «Газпрома» в области АСО целесообразно актуализировать. Сравнительный анализ стандартов «Газпрома» с нормативными актами международного морского права, законодательства и стандартов РФ показал, что в стандартах «Газпрома» в области АСО не учтен ряд основополагающих правовых и стандартизированных принципов и норм.

Понятийно-терминологический аппарат системы АСО «Газпрома» как своеобразный язык профессионального общения узкопрофильных специалистов, технологических разработок и нормотворчества должен прежде всего отображать процессы и явления, *объективно существующие* в сфере морского спасания, а не эфемерные, искусственно созданные мыслительные конструкты. Введение в профессиональный, технологический и нормативный оборот ошибочных понятий (так называемых «понятий с пустым объемом», не обозначающих реальные процессы и явления), равно как и неправильное определение отношений между понятиями, а также разоблаченная в настоящей статье подмена понятий рано или поздно неизбежно приведут к трагическим необратимым последствиям.

Кроме того, данный профессиональный язык должен быть понятен любому морскому спасателю, а не являться своеобразным «новоязом» узкого круга избранных.

Целесообразно унифицировать правила ликвидации ЧС в части морского спасания на основе норм SAR-79, Международной конвенции о спасании 1989 года и законов РФ, сформировать Единый правовой режим ликвидации ЧС в части морского спасания.

Необходимость оптимизации и актуализации системы стандартов и рекомендаций обусловлена:

- чрезмерным (более 20) количеством стандартов и рекомендаций «Газпрома» в области АСО морских объектов, содержащих отдельные дублирующие и противоречивые положения, что затрудняет их практическое применение;
- подменой понятия «морская спасательная операция» понятием «АСР», что обусловило выпадение из причинно-следственной цепи единственно возможной организационной формы продуцирования АСР (с необходимым для такого продуцирования всесторонним обеспечением, осуществление которого возможно только в организационных рамках морской спасательной операции), образованием отмеченного понятийного разрыва и, как следствие, невозможностью эффективного достижения декларируемых целей АСО «Газпрома»;
- отсутствием требований к осуществлению научно обоснованных процедур по преодолению неопределенности при МСО и квалификационных критериев для привлекаемых экспертов;
- отсутствием правильного, опробованного на практике и научно обоснованного алгоритма принятия решения на МСО в ситуации неопределенности;
- отсутствием национальных стандартов к системе АСО (поскольку в МСО могут принимать участие аварийно-спасательные службы (АСС) и аварийно-спасательные формирования (АСФ) различных ФОИВ, для которых корпоративные стандарты и рекомендации «Газпрома» не имеют нормативного значения).

Необходимость введения в нормативный и профессиональный оборот понятия «морская спасательная операция» подтверждается также и тем, что практика освоения морских нефтяных и газовых месторождений обусловила и инициировала разработку национальных стандартов ГОСТ Р 58214-2018 «Морские логистические операции», ГОСТ Р 58772-2019 (ИСО 19901-6:2009) «Морские операции». Содержанием нормативного регулирования логистических и морских операций являются требования к их планированию и осуществлению в целях выполнения различных видов работ: транспортных, погрузочных, подъемных и др.

Введение в нормативный и профессиональный оборот понятия «морская спасательная операция» создаст необходимые условия для давно назревшей разработки аналогичных стандартов и правил и для морских спасательных операций, являющихся в действительности хотя и специфической, но все же частной разновидностью морских операций.

«Морская спасательная операция» – любое действие или деятельность, предпринимаемые для спасания людей, судов (включая стационарные или плавучие платформы или морские подвижные буровые установки, когда такие платформы или установки осуществляют в местах их расположения разведку, разработку или добычу минеральных ресурсов морского дна) или любого другого имущества, находящихся в опасности в судоходных водах или любых других водах, иных имущественных и нематериальных интересов РФ, а также действия по предотвращению или уменьшению ущерба окружающей среде.

По форме реализации морская спасательная операция представляет собой совокупность согласованных и взаимосвязанных по цели, задачам, месту и времени одновременных и последовательных действий, аварийно-спасательных и других работ, проводимых по единому замыслу и плану разнородными силами и средствами, мобилизованными добывающей корпорацией, ее дочерними организациями (ДОО), а также силами и средствами взаимодействующих федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ РФ), нацеленных на спасание на море людей и судов (включая стационарные или плавучие платформы или морские подвижные буровые установки).

Морская спасательная операция продуцируется АСО, рассматриваемым по отношению к ней в качестве порождающей системы, и как система следующего (оперативного) уровня непосредственно продуцирует основную часть АСР.

Заключение

- Существующие стандарты и рекомендации системы АСО «Газпрома» в неполной мере соответствует современным требованиям, российскому законодательству и нормам международного морского права.

  Изъятие из смыслового понятийного ряда системы АСО «Газпрома» понятия «морская спасательная операция» и использования вместо него понятия «аварийно-спасательные работы» является ключевым недостатком стандартов и рекомендаций системы АСО «Газпрома». Вследствие чего образован понятийный разрыв между декларируемыми целями АСО «Газпрома» и практической организацией действий по достижению этих целей.
- Реальную угрозу для государственных и корпоративных интересов представляют как продолжающееся действие, так и введение в нормативный оборот новых стандартов с ошибками в понятийном аппарате, организации управления спасательными силами и средствами, порядке подчиненности и др.

  Наличие таких стандартов приносит больший вред, чем вообще отсутствие каких-либо стандартов, поскольку исключает даже случайную возможность принятия верных решений и выполнения правильных действий (в случаях их противоречия ошибочным нормативным предписаниям).
- В историческом аспекте упорное использование в действующих стандартах «Газпрома» термина «аварийно-спасательные работы» вместо действительно необходимого понятия «морская спасательная операция» является рудиментом эпохи случайного спасания, оставшейся в 19 веке. Тогда случайно оказавшееся в зоне проведения АСР транзитное торговое судно действительно не несло особых целевых спасательных издержек, а попросту выполняло посильные для него простейшие АСР (подбор людей с поверхности воды, подача буксира и др.). Осуществления какого-то особого всестороннего обеспечения (а значит и развертывания МСО) при выполнении таких простейших АСР в 19 веке не требовалось.

  Однако при спасании морских платформ различного типа – самом технологически сложном виде современного морского спасания – применение такого подхода давно ушедшей эпохи случайного спасания неприемлемо.
- В логическом аспекте использование в действующих стандартах «Газпрома» термина «аварийно-спасательные работы» вместо действительно необходимого – «морская спасательная операция» – является опасной подменой понятий. Такая подмена понятий автоматически выводит из сферы принятия решений соответствующих руководителей «Газпрома» многочисленные и фактически существующие в сфере АСО ситуации неопределенности. Данные ситуации, как и скрытые навигационные опасности либо морские мины, объективно проявляются лишь в момент причинения ими неприемлемого вреда.

Таким образом, издание стандартов в области АСО без учета необходимости планирования и проведения МСО в принципе не может привести к построению эффективной, функциональной и надежной системы АСО «Газпрома» в современных условиях. ●

Литература

1. *Морская доктрины Российской Федерации, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 31 июля 2022 года № 512 [Электронный ресурс]: URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/48215.*
2. *Соглашение о сотрудничестве в авиационном и морском поиске и спасании в Арктике [Электронный ресурс]: URL: https://www.mid.ru/foreign_policy/international_contracts/multilateral_contract/-/storage-viewer/multilateral (Дата обращения: 17.08.2021).*
3. *Руководство по международному авиационному и морскому поиску и спасанию [Электронный ресурс]: URL: https://sparcatc.ru/files/ICAO_Doc-9731-Rukovodstvo-MAMPS-t.3.pdf (Дата обращения: 17.07.2021).*
4. *Международная конвенция о спасании 1989 года (Лондон, 28 апреля 1989 г.), ратифицирована Федеральным законом РФ от 17 декабря 1998 года № 186-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации 2001 г., № 3, ст. 217.*
5. *Федеральный закон от 22 августа 1995 г. № 151-ФЗ (ред. от 01.07.2021) «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» // Собрание законодательства Российской Федерации 1997, № 35, ст. 3503.*
6. *Федеральный закон от 21 декабря 1994 года № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуация природного и техногенного характера» (редакция от 30.12.2008) // Собрание законодательства Российской Федерации 1994, № 35, ст. 3648.*
7. *Федеральный закон от 31 июля 1998 года № 155-ФЗ «О внутренних морских водах, территориальном море и прилежащей зоне Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации 1998 г. № 31, ст. 3833.*
8. *Международная конвенция по поиску и спасанию на море 1979 года [Электронный ресурс] URL: https://www.mid.ru/foreign_policy/international_contracts/multilateral_contract/-/storage-viewer/multilateral/page-161 (Дата обращения: 17.07.2021).*
9. *Кодекс торгового мореплавания Российской Федерации // Собрание законодательства Российской Федерации 1999 г. № 18, ст. 2207.*
10. *Вальдман Н.А., Виноградов Ф.Д., Илюхин В.Н., Копаева Л.А., Лаптева Т.И., Таровик В.И. Аварийно-спасательное обеспечение морских нефтегазовых сооружений в Арктике: Актуальные аспекты развития [Деловой Журнал Neftegaz.RU. 2021, № 9 (117). С. 52–70].*

KEYWORDS: *emergency situation, marine operations, search and rescue operation, regulatory regulation, safety of marine activities, marine platform.*

ВЛИЯНИЕ ВОЛОКНИСТОГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА ВОДОНАБУХАЮЩИХ РЕЗИН

для пакерного оборудования нефтегазодобычи

Коробейников Георгий Владимирович
аспирант

Смирнова Светлана Сергеевна
преподаватель, к.т.н.

Ваниев Марат Абдурахманович
зав. кафедрой, д.т.н.

Нилидин Дмитрий Андреевич
аспирант

Борисов Сергей Владимирович
доцент, к.т.н.

Новаков Иван Александрович
президент университета, академик РАН

Волгоградский государственный технический университет, кафедра «Химия и технология переработки эластомеров»

ИССЛЕДОВАНО ВЛИЯНИЕ ВОЛОКНИСТЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ СОБОЙ ПРОДУКТЫ РЕЦИКЛИНГА ШИННОГО КОРДА, НА ВОДОНАБУХАНИЕ И СОХРАНЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНОГО КАУЧУКА, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАТРИЙ-КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗОЙ, ПРИ ЭКСПОЗИЦИИ В ВОДЕ И ВОДНЫХ РАСТВОРАХ СОЛЕЙ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 60 °С. ВЫЯВЛЕНА РЕЦЕПТУРА ВОДОНАБУХАЮЩЕЙ РЕЗИНЫ, СОДЕРЖАЩЕЙ 20 МАСС. Ч. ВОЛОКНИСТОГО НАПОЛНИТЕЛЯ, КОТОРАЯ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНА ПРИ КОНТАКТЕ С ПРЕСНОЙ ВОДОЙ

THE INFLUENCE OF A FIBROUS FILLER, WHICH IS A TIRE CORD RECYCLING PRODUCT,ON WATER SWELLING AND THE SAVING OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIAL BASED ON NITRILE RUBBER MODIFIED WITH SODIUM CARBOXYMETHYL CELLULOSE WAS STUDIED WHEN EXPOSED TO WATER AND WATER-SALINE SOLUTIONS AT 60 C. THE RECIPE OF WATER-SWELLABLE RUBBER CONTAINING 20 MASS PARTS OF FIBROUS FILLER WAS REVEALED, WHICH IS MOST EFFECTIVE IN CONTACT WITH FRESH WATER

УДК 678.7

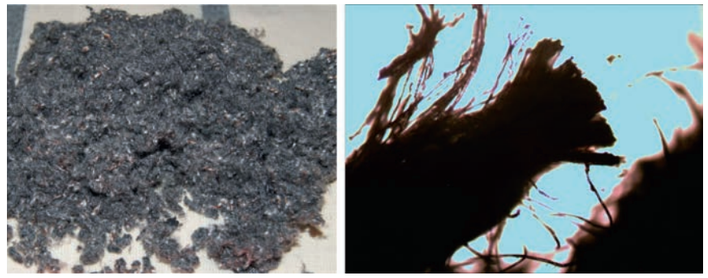
Ключевые слова: *водонабухающие резины, волокнистый наполнитель, степень набухания, пакерное оборудование, нефтегазодобыча.*

В последнее время ввиду высокой потребности и ограниченного объема производства в России заметно увеличился спрос на набухающие пакеры, основным элементом которых являются водонабухающие резины (ВНР) [1, 8]. Их активация происходит за счет увеличения объема эластомера при контакте со скважинными флюидами (водные растворы солей различной концентрации и буровые растворы).

Ввиду того, что условия эксплуатации пакерного оборудования индивидуальны для каждой скважины (температура, давление, уровень минерализации), необходимы разработки ВНР под каждый конкретный случай.

Ранее нами проведена разработка водонабухающих резин на основе этилен-пропиленового, маслонаполненного бутадиен-стирольного, бутадиен-нитрильного каучуков с использованием в качестве водонабухающей добавки натрий-карбоксиметилцеллюлозы [6, 7, 9, 10]. При проведении исследований, а также при обзоре литературы [2, 3] было установлено, что образцы, модифицированные натрий-карбоксиметилцеллюлозой, характеризуются вымыванием водонабухающего реагента в процессе экспозиции в воде. Кроме того, при контакте со средой активации происходит набухание резинового элемента,

РИС. 1. Фото- и микрофотографии волокнистого наполнителя (увеличение 400)



которое сопровождается снижением физико-механических характеристик материала.

Основной задачей при разработке водонабухающих резин является не только увеличение водопоглощения изделием, но и сохранение технологических и технических свойств на требуемом уровне. Известно [11], что для улучшения капиллярного эффекта, физико-механических показателей и удешевления эластомеров применяют волокнистые наполнители. Преимущественно это волокна природного, минерального и растительного происхождения. Использование химических волокнистых наполнителей в водонабухающих резинах изучено недостаточно. Например, в работах [4, 5] в водонабухающие резины на основе бутадиен-нитрильного каучука, модифицированного Na-КМЦ, в качестве такого наполнителя использовали асбестовые волокна (минеральные) в количестве 10–15 масс. ч. на 100 масс. ч. каучука. Максимальная степень набухания таких резин в 22%-ном водном растворе NaCl составляет 90 % за 960 ч экспозиции.

На основании вышеизложенного, цель настоящей работы заключается в изучении влияния волокнистого наполнителя – продукта рециклинга шинного корда в рецептурах водонабухающих резин на основе бутадиен-нитрильного каучука, модифицированного натрий-карбоксиметилцеллюлозой.

Основная часть

Объектами исследования являлись резины на основе полярного бутадиен-нитрильного каучука марки БНКС-28 АМН. Рецептура ВНР включала вулканизующий агент – серу, ускорители вулканизации меркаптанового ряда – альтакс и каптакс, активаторы вулканизации – цинковые белила и стеарин, диспергирующий агент – глицерин, наполнитель – технический углерод марки ТУ П234, водонабухающий агент – натрий-карбоксиметилцеллюлозу марки 85/700 (степень замещения по карбоксиметильным группам в пределах 80–95, степень полимеризации в пределах 650–750, растворимость в воде не менее 97 %).

В качестве усиливающего волокнистого наполнителя использовали волокнистый наполнитель – продукт рециклинга шинного корда (рис. 1). Главным отличием таких волокон от наполнителей в виде частиц является их ориентирование внутри эластомерной матрицы в определенном направлении. В случае стандартных резин это свойство обеспечивает увеличение прочности материала.

Производство резиновых смесей осуществлялось с использованием резиносмесителя типа Брабендер и лабораторных вальцов согласно стандартной методике изготовления резин. Вулканизация проводилась на гидравлическом прессе по оптимальному режиму, выявленному с помощью реометра MDR 3000 Professional по ГОСТ 12535-84.

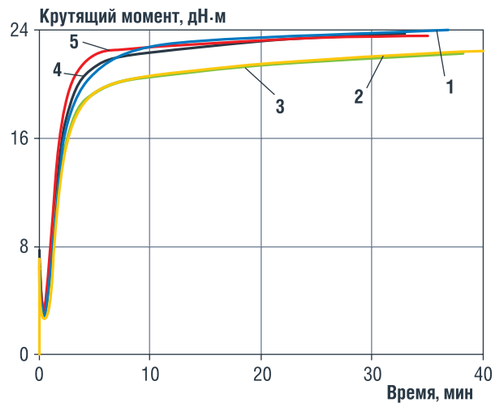
Элементный состав пластовых вод на разрабатываемых месторождениях нефти и газа, даже несмотря на географически близкое расположение, может сильно отличаться как минерализацией (от пресных вод до рассолов), так и составом. Чаще всего в пластовых водах встречаются соли следующих кислот: соляной, серной, угольной и сероводородной. В этой связи исследование набухающей способности эластомеров проводилось посредством их экспозиции в воде и 5%-ных водных растворах солей: NaCl, KCl, $CaCl_2$, $MgCl_2$, при температуре 60 °С согласно ГОСТ 9.030-74; изменения твердости резин – согласно ГОСТ 263-75. Физико-механические свойства стандартных образцов до и после 168 часов экспозиции в воде и водных растворах солей определяли на разрывной машине Zwick 5,0 kN в соответствии с ГОСТ 270-75.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования влияния волокон на кинетику вулканизации водонабухающих резин представлены на рис. 2. и в табл. 1.

Реометрические данные (рис. 2 и табл. 1) свидетельствуют о том, что добавление волокнистого наполнителя в пределах от 5 до 50 масс. ч. не оказывает существенного влияния на процесс вулканизации. Значения твердости и относительного удлинения

РИС. 2. Реометрические кривые вулканизации резин (t = 150 °С)



1 – образец сравнения (без добавления волокнистого наполнителя)

Образцы, содержащие волокнистый наполнитель:

2 – 5 масс. ч.

3 – 10 масс. ч.

4 – 20 масс. ч.

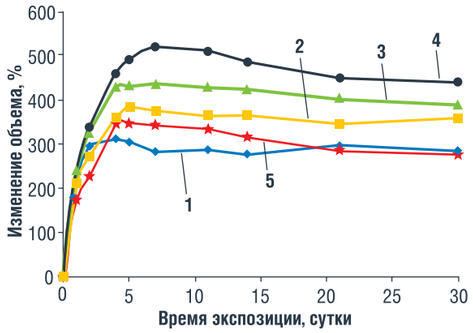
5 – 50 масс. ч.

ТАБЛИЦА 1. Влияние количества используемого волокнистого наполнителя на вулканизационные и физико-механические свойства ВНР

Показатель	Количество волокнистого наполнителя, масс. ч.				
	Объект сравнения	5	10	20	50
T_{90}, мин	6,9	8,5	8,5	5,9	3,9
Scorch time, мин	1,0	1,1	1,1	1,0	0,9
M_{max}, дН·м	2,8	2,7	3,0	3,3	3,1
M_{min}, дН·м	24,0	22,4	22,3	23,7	23,5
Твердость, усл. ед. Шор А	88	89	87	91	93
ε, %	249	218	229	218	196

T_{90} – время вулканизации, Scorch time – время подвулканизации, M_{max} – максимальный крутящий момент, M_{min} – минимальный крутящий момент, ε – относительное удлинение при разрыве

РИС. 3. Изменение объема образцов в процессе экспозиции в воде при t = 60 °C



1 – образец сравнения (без добавления волокнистого наполнителя)

Образцы, содержащие волокнистый наполнитель:

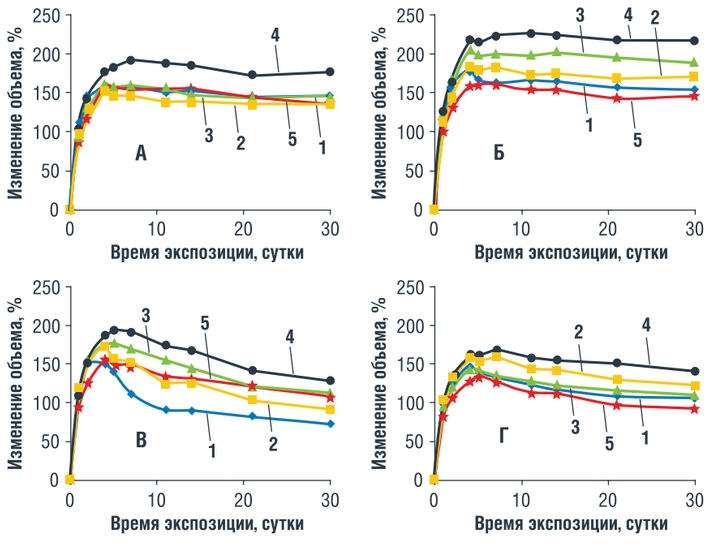
2 – 5 масс. ч.

3 – 10 масс. ч

4 – 20 масс. ч.

5 – 50 масс. ч.

РИС. 4. Изменение объема образцов в процессе экспозиции в 5%-ных водных растворах солей при t = 60 °C



5 % водные растворы: А – NaCl, Б – KCl, В – $CaCl_2$, Г – $MgCl_2$

1 – образец сравнения (без добавления волокнистого наполнителя)

Образцы, содержащие волокнистый наполнитель:

2 – 5 масс. ч., 3 – 10 масс. ч, 4 – 20 масс. ч., 5 – 50 масс. ч.

ожидаемо изменяются: по мере увеличения дозировки волокнистого наполнителя в исследованном интервале первый показатель возрастает на 5 единиц, а значения ε снижаются до 196 %.

Результаты оценки набухающей способности резиновых образцов при повышенной (60 °C) температуре представлены на рис. 3 и 4.

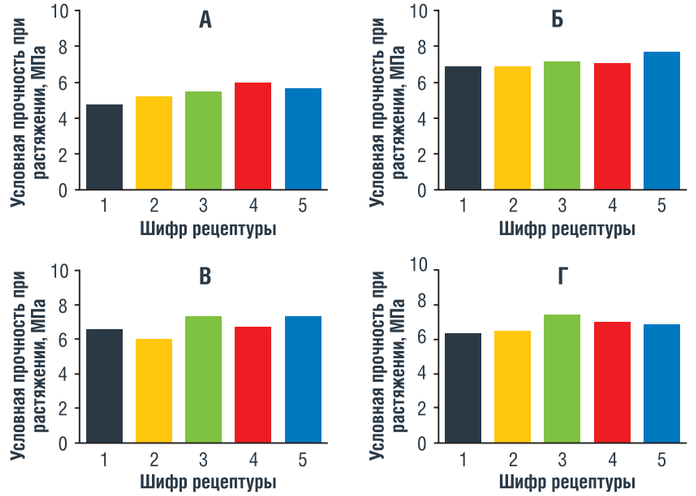
Проведенное исследование (рис. 3) показало, что основная фаза процесса водонабухания составляет 5–7 суток. Следует отметить, что наибольшей скоростью объемного набухания характеризуется материал, наполненный 20 масс. ч. волокна, максимальная степень объемного набухания которого составила 520 %, что в два раза выше значения показателя резины без волокнистого наполнителя. Это обстоятельство свидетельствует о проявлении капиллярного эффекта, связанного с ориентированием волокон в эластомерной матрице.

Основная выявленная тенденция заключается в том, что с увеличением содержания количества волокнистого наполнителя до 20 масс. ч. наблюдается повышение водопоглощения. Введение 50 масс. ч. оказывает негативное воздействие на данный показатель.

Характер графических зависимостей изменения объема образцов от времени экспозиции (рис. 4) показывает, что независимо от содержания наполнителя фиксируется снижение набухающей способности материалов, контактировавших с водными растворами солей щелочно-земельных металлов (72–140 об. %) по сравнению с щелочными (135–216 об. %). Это может быть связано с меньшей диффузионной активностью растворов. Кроме того, при воздействии сред активации с большей ионной силой (водные растворы $CaCl_2$ и $MgCl_2$) происходит активное вымывание водонабухающего реагента. В целом при набухании резин в водных солевых растворах наблюдается снижение значений водопоглощения, что соответствует ожиданиям и коррелирует с данными по набуханию в воде.

Результаты исследования физико-механических характеристик и твердости резин после экспозиции в средах активации при температуре 60 °C представлены на рисунке 5 и в табл. 2.

РИС. 5. Значения условной прочности при растяжении образцов после экспозиции в воде и 5%-ных водных растворах солей при температуре 60 °C



А – вода; 5%-ные водные растворы солей: Б – NaCl; В – KCl; Г – $CaCl_2$

1 – образец сравнения; волокно: 2 – 5 масс.ч., 3 – 10 масс.ч, 4 – 20 масс.ч., 5 – 50 масс.ч.

ТАБЛИЦА 2. Изменение значений относительного удлинения при разрыве (Δε) и твердости (ΔH) резин после экспозиции в воде и 5%-ных водных растворах солей при 60 °C

Тип среды	Количество волокнистого наполнителя, масс. ч.				
	Объект сравнения	5	10	20	50
	Δε, %				
Вода	6,9	8,5	8,5	5,9	3,9
NaCl	1,0	1,1	1,1	1,0	0,9
KCl	2,8	2,7	3,0	3,3	3,1
$CaCl_2$	24,0	22,4	22,3	23,7	23,5
	ΔH, %				
Вода	-60	-50	-45	-44	-45
NaCl	-49	-45	-37	-41	-34
KCl	-44	-43	-44	-45	-40
$CaCl_2$	-40	-40	-36	-33	-28

Из представленных данных (рис. 5 и табл. 2) видно, что добавление в резину волокнистого наполнителя оказывает положительное воздействие на значения условной прочности при растяжении. Эластомер, который наполнен 20 масс. ч. волокна характеризуется лучшим уровнем сохранения физико-механических характеристик из исследуемой линейки рецептур.

Выводы

Таким образом можно заключить, что оптимальным комплексом технических свойств обладает ВНР, наполненная 20 масс. ч. волокна. Данная резина, по сравнению с ненаполненной, незначительно теряет в водонабухающей способности в солевых растворах, а при экспозиции в воде происходит увеличение значений данного показателя. Исследования физико-механических свойств вулканизатов подтвердили предположение о том, что увеличение количества волокнистого наполнителя в резине приводит к улучшению значений основных характеристик водонабухающих эластомеров, используемых для создания пакерного оборудования нефтегазодобычи. В настоящее время с целью определения оптимума наполнения проводятся исследования применительно к водонабухающим резинам с содержанием волокон от 20 до 50 масс. ч. Эти данные являются предметом отдельного сообщения.

При проведении исследований использовано оборудование Центра коллективного пользования ВолгГТУ «Физико-химические методы анализа».

Работа выполнена при финансировании Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания (шифр проекта FZUS-2021-0013).

Литература

1. *Agarwal K., Setua D.K., Mathur G.N. Short fibre and particulate-reinforced rubber composites // Defence Science Journal. 2002. Vol. 52, No. 3. P. 337–346.*
2. *Edward T. Wood, Edward J. O'Malley. Delaying swelling in a downhole packer element. Pat. US20080011473A1, 2008.*
3. *Polgar, L.M. Water-swellable elastomers: synthesis, properties and applications / M.P. Lorenzo [et al.] // Rev Chemistry Engineering. – 2019. – Vol. 35, № 1. – P. 45–72.*
4. *Ахмедзянова Д.М. Разработка водо- и нефтенабухающих термопластичных вулканизатов с регулируемым временем набухания [Текст]: автореф. Дис. ... канд. техн. наук: 05.17.06 / Ахмедзянова Дамира Мазитовна; ФГБОУ ВО «КНИТУ» – Казань, 2018. – С. 7–8.*
5. *Водонабухающая резиновая смесь для пакерного оборудования Каблов В.Ф., Кейбал Н.А., Крекалева Т.В., Ситников Е.Е., Шапоров Е.В., Куцов А.Н. Патент на изобретение RU 2653024 C1, 04.05.2018. Заявка № 2017122104 от 22.06.2017.*
6. *Водонабухающая резиновая смесь для пакерного оборудования Каблов В.Ф., Кейбал Н.А., Крекалева Т.В., Ситников Е.Е., Шапоров Е.В., Куцов А.Н. Патент на изобретение RU 2654029 C1, 15.05.2018. Заявка № 2017122102 от 22.06.2017.*
7. *Водонабухающая эластомерная композиция Лопатина С.С., Ваниев М.А., Сычев Н.В., Брюзгин Е.В., Нилидин Д.А., Новаков И.А. Патент на изобретение RU 2683462 C1, 28.03.2019. Заявка № 2018129268 от 09.08.2018.*
8. *Водонефтенабухающая эластомерная композиция Лопатина С.С., Ваниев М.А., Сычев Н.В., Демидов Д.В., Нилидин Д.А., Савченко Я.Ю., Новаков И.А. Патент на изобретение RU 2685350 C1, 17.04.2019. Заявка № 2018129113 от 08.08.2018.*
9. *Жуков В.В. К вопросу об обводненности продуктивных пластов, как основной причине снижения дебита скважины / В.В. Жуков, В.И. Симанов // Инновационное развитие науки и образования: сб. ст. международной научно-практической конференции / МЦНС «Наука и Просвещение». – Пенза, 2018. – С. 119–121.*
10. *Лопатина С.С. Набухающие эластомеры для пакерных уплотнителей и кольматантов / С.С. Лопатина [и др.] // Промышленное производство и использование эластомеров. – 2019, № 3. – С. 16–20.*
11. *Лопатина С.С. Разработка водонефтенабухающих резин, предназначенных для заколонных пакеров / С.С. Лопатина [и др.] // Известия ВолгГТУ: научный журнал № 11 (206) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2017. – (Серия «Химия и технология элементоорганических мономеров и полимерных материалов»). – С. 91–96.*
12. *Шашок Ж.С., Усс Е.П., Кротова О.А., Круглик Н.В. Свойства эластомерных композиций с волокнистыми модифицирующими добавками // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. 2018. № 1 (205).*

KEYWORDS: *water-swellable rubber, fibrous filler, degree of swelling, packer equipment, oil and gas production.*

АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВИБРАЦИЙ
в процессе бурения

УДК 622.243

ПРОСЛУШАТЬ СТАТЬЮ

В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ СКВАЖИН ОСОБУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ СКВАЖИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДСТАВЛЯЮТ ВИБРАЦИИ, ПРИВОДЯЩИЕ В СЛУЧАЕ ИХ КРИТИЧЕСКОГО ЗНАЧЕНИЯ К АВАРИЯМ В СКВАЖИНЕ (ПРЕЖДЕВРЕМЕННОМУ ИЗНОСУ ДОЛОТА, ВЫХОДУ ИЗ СТРОЯ ДОРОГОГО НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ, СНИЖЕНИЮ МЕХАНИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ ПРОХОДКИ ДО 30 %, К ПОЛОМКЕ ИНСТРУМЕНТА). ЭТО В СВОЮ ОЧЕРЕДЬ УВЕЛИЧИВАЕТ НЕПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ НА БУРОВОЙ, ЧТО НЕ ТОЛЬКО НАРУШАЕТ ПРОЦЕСС СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИНЫ, НО И ПРИВОДИТ К ЗНАЧИТЕЛЬНОМУ ЭКОНОМИЧЕСКОМУ УЩЕРБУ. КАКИЕ РЕШЕНИЯ ПРЕДЛАГАЮТ РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ?

IN THE PROCESS OF DRILLING WELLS, VIBRATIONS POSE A PARTICULAR DANGER TO DOWNHOLE EQUIPMENT, LEADING, IF THEY ARE CRITICAL, TO ACCIDENTS IN THE WELL (PREMATURE WEAR OF THE BIT, FAILURE OF EXPENSIVE NAVIGATION EQUIPMENT, A DECREASE IN RATE OF PENETRATION UP TO 30%, AND TOOL BREAKAGE). THIS, IN TURN, INCREASES NON-PRODUCTIVE TIME AT THE WELLSITE, WHICH NOT ONLY DISRUPTS THE WELL CONSTRUCTION PROCESS, BUT ALSO LEADS TO SIGNIFICANT ECONOMIC DAMAGE. WHAT SOLUTIONS DO RUSSIAN SCIENTISTS OFFER?

Ключевые слова: *бурение, строительство, скважин, буровое оборудование, вибрации, прерывистое вращение.*

Кузнецова Дарья Александровна
студент

Овезов Батыр Аннамухаммедович
старший преподаватель кафедры СТБС

Щербакова Ксения Олеговна
преподаватель кафедры СТБС

Календарова Лейли Рустамовна
аспирант

ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе» (МГРИ)

Оборудование для бурения становится более технологичным, что ведет к его удорожанию и, как следствие, к большим финансовым затратам на ремонт и оплату непроизводительного времени.

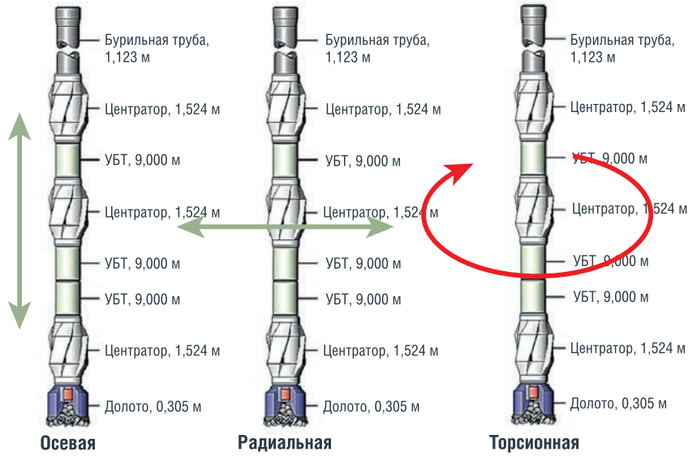
Компоновка низа бурильной колонны (КНБК) представляет исключительный интерес, поскольку она содержит дорогие и чувствительные инструменты для управления траекторией (MWD – измерения во время бурения), и оценки пласта (LWD – каротаж во время бурения) [5]. Эти инструменты оснащены высокочувствительными датчиками и новейшей электроникой, поэтому, даже если они хорошо защищены, они не так устойчивы к вибрациям. Даже массивная сталь, из которой сделаны все элементы, не всегда будет выдерживать самые жесткие динамические условия, которым может подвергаться КНБК в скважине.

Вдоль КНБК может располагаться ограниченное количество стабилизаторов для центрирования участков, важных для направленного бурения или каротажа.

Обычно эти стабилизаторы немного меньше диаметра скважины, чтобы обеспечить эффективную передачу нагрузки на долото и минимизировать нагрузку на сами стабилизаторы [1]. За исключением этих стабилизаторов бурильной колонны, ничто иное не ограничивает некоторое боковое движение колонны, кроме самой стенки ствола скважины. Это означает, что бурильная колонна при бурении нефтяных и газовых скважин всегда имеет определенную степень свободы для бокового движения. Кроме того, осевое движение бурильной колонны не ограничивается одним направлением – вниз. В то время

как при обычном бурении примерно 15 % от общего веса бурильной колонны приходится на долото и используется для бурения ствола скважины. Основной вес колонны остается в виде веса на крюке. Низкая осевая жесткость бурильной колонны и связанные с этим эксплуатационные ограничения также допускают нежелательное осевое движение в направлении вверх (осевая вибрация) всякий раз, когда разрушающая сила долота начинает выравниваться с прочностью на сжатие разбуриваемой породы (смена горных пород). Кроме того, бурильная колонна изготавливается из стали (в редких случаях также используются композиты из алюминия, титана или углеродного волокна). Сталь упруга до определенной приложенной нагрузки (предел упругости). Это означает, что ниже предела упругости она восстанавливает свою первоначальную форму после полного снятия нагрузки и не остается поддающейся измерению остаточной деформации. При обычных операциях бурения предел упругости стали не превышается. Однако упругость стали по отношению к форме и масштабу бурильной колонны приводит к низкой крутильной жесткости колонны. Благодаря этой гибкости также существует замечательная степень свободы во вращательном движении – вперед и назад (торсионная вибрация). Чтобы получить представление о данном эффекте, можно привести следующий пример: при вращательном бурении бурильная колонна приводится в движение с поверхности, когда

РИС. 1. Виды вибраций в бурении



колонна начинает вращаться, верхний конец (на устье) поворачивается несколько раз, прежде чем нижний конец (долото) вообще начнет двигаться. Эта «задержка» – единственный эффект упругости стали. Явление хорошо наблюдается при наклонно-направленном бурении с использованием ВЗД вместе с MWD, называемое реактивным моментом.

Все степени свободы бурильной колонны приводят к появлению и развитию специфических динамических проблем при бурении, когда бурильная колонна приводится в движение и вращается (рис. 1).

Прерывистое вращение – это явление, возникновение которого возможно из-за низкой жесткости бурильных колонн на кручение. На поверхности бурильная колонна приводится в движение с постоянной скоростью вращения. Однако скорость вращения на противоположном конце бурильной колонны у долота не постоянна, а колеблется около значения, которое прилагается к колонне на поверхности [2]. Колебания частоты вращения могут достигать серьезных уровней, когда долото полностью останавливается на короткий момент времени (подлипает). Из-за продолжающегося вращения привода на поверхности бурильная колонна продолжает накручивать пружину и после короткого времени подлипания долото вынуждено догонять созданную разницу оборотов в скважине и на поверхности. Следствием этого является фаза ускорения вращения КНБК до пиковых скоростей, в два или три раза превышающих скорость вращения на поверхности. Поскольку бурильная колонна соскальзывает с подлипания, эта фаза называется проскальзыванием. Последовательности фаз прилипания и скольжения известны как прерывистое вращение (рис. 2).

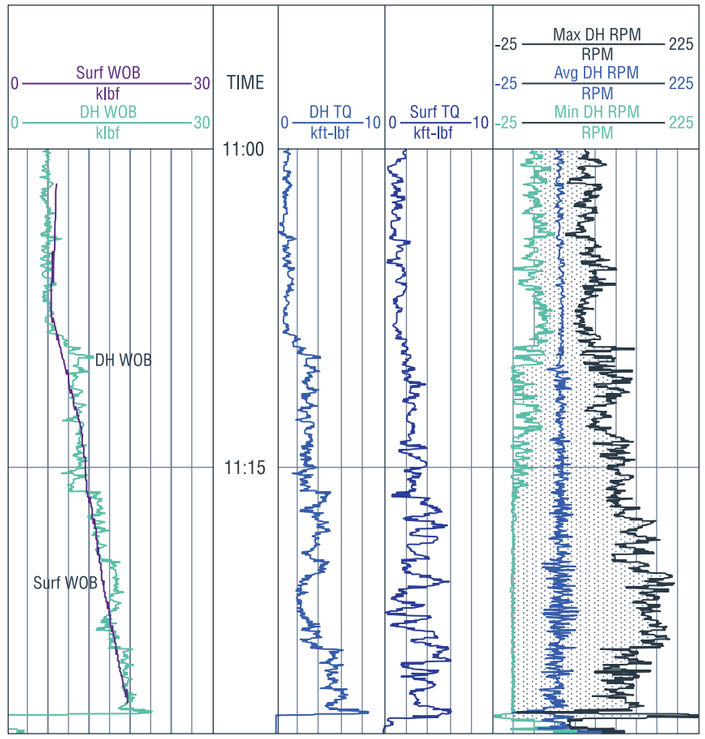
РИС. 2. Прерывистое вращение (Stick-slip)

Временные диаграммы, указывающие на возникновение вибраций stick/slip, представлены на рис. 3.

На возникновение, развитие и интенсивность колебаний числа оборотов и в конечном итоге прерывистого вращения влияют следующие параметры:

- длина и диаметр бурильной колонны,
- взаимодействие порода/долото,

РИС. 3. Временная диаграмма, показывающая прерывистое вращение (stick/slip)



- трение между бурильной колонной и стенкой скважины,
- свойства системы наземного привода [2],
- высокая нагрузка на долото и низкие обороты.

Размеры бурильной колонны определяют жесткость колонны на кручение и, следовательно, подверженность прерывистому вращению. Короткая бурильная колонна большого диаметра менее подвержена прерывистому вращению. Однако в случае прерывистого вращения она колеблется на более высоких частотах, чем могла бы это делать длинная тонкая колонна. Измеренная частота f_0 крутильных и скачкообразных колебаний близка к расчетной первой собственной частоте бурильной колонны в кручении [3].

Пружина кручения с линейной характеристикой – хорошая модель бурильной колонны. Чтобы вызвать крутильные колебания у вращающейся торсионной пружины, должно быть приложено/присутствовать сопротивление вращению – трение. Что касается реального аналога, в первую очередь можно выделить две области с высоким трением: в нижней части колонны и в области контакта между бурильной колонной и стволом скважины по всей траектории ствола. Последнее всегда имеет значение при вращении бурильной колонны. Трение в области контакта между долотом и пластом возникает только в том случае, если долото находится на забое и вращается. Помимо этих двух, конечно, существуют дополнительные сопротивления вращению, такие как изгибы, калибраторы или дополнительные расширители. Ни одна из этих сил трения не является постоянной по величине. Контактные области постоянно меняются, свойства пласта меняются, передача нагрузки на долото нестационарная, и в конечном итоге продолжающийся переход между подлипанием и динамическим трением во время прерывистого скольжения влияет на величину трения. Взаимодействие вращающейся колонны/пружины и флуктуирующих сил трения в конечном итоге приводит к крутильным колебаниям или прерывистому вращению. Сильные скачкообразные вибрации могут даже привести к непродолжительному вращению долота в обратном направлении.

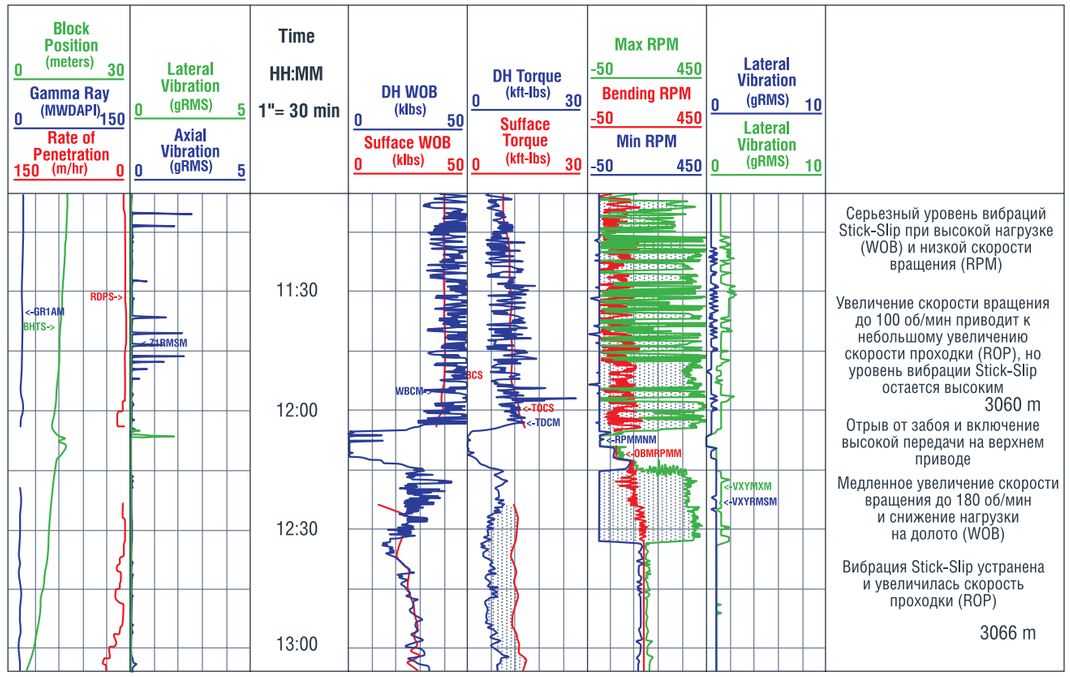
Вред, причиненный прерывистым вращением:

- повреждение резцов долота PDC из-за обратного вращения долота,
- повышенная усталость материала,
- перетягивание трубных соединений,
- повреждение системы наземного привода,
- низкая скорость проходки [2].

Для предотвращения повреждений оборудования при возникновении прерывистого вращения стараются устранить причину – трение. Изменяется нагрузка на долото (снижается), чтобы снизить момент на долоте (рис. 4), но при этом повышают скорость вращения бурильной колонны, чтобы гарантировать аналогичную скорость проходки, либо уменьшается трение бурильной колонны за счет изменения свойств бурового раствора (например, добавление смазочных материалов или переход на буровой раствор на углеводородной основе (РУО)). К сожалению, высокие скорости вращения могут вызвать развитие других аномальных динамических проблем бурения, таких как завихрение.

Радиальная (вихревая) вибрация бурильной колонны возникает, когда вращение элемента бурильной колонны происходит вокруг оси, не совпадающей с геометрической осью скважины (рис. 5). Любая несбалансированная масса в бурильной колонне, изгибы или естественный контакт между стволом скважины и КНБК приведут к тому, что ось бурильной колонны отклонится от оси ствола, создавая вихрь КНБК. Известно несколько типов вихря бурильной колонны, от прямого синхронного вихря, вызывающего эксцентрический износ наружной части компонентов бурильной колонны, до обратного вихря, который не вызывает износ наружных диаметров, но вызывает циклические знакопеременные напряжения, приводящие к усталости соединений и отказу [2].

РИС. 4. Успешное снижение вибраций прерывистого вращения Stick-slip



Опережающие радиальные (прямой вихрь) вибрации происходят, когда изогнутая утяжеленная бурильная труба вращается по часовой стрелке и входит в контакт со стенкой ствола скважины. Этот контакт может быть периодическим или непрерывным. Завихрение является «синхронным», когда одна и та же сторона муфты находится в постоянном контакте со стороной ствола скважины, что означает, что скорость завихрения муфты и скорость вращения муфты одинаковы. Этот тип завихрения вызовет износ в одном месте элемента бурильной колонны. Хотя синхронный прямой вихрь не слишком вреден для муфт, он может иметь катастрофические последствия для инструментов MWD [2].

Обратные радиальные вибрации (обратный вихрь) происходят, когда утяжеленная бурильная труба катится без проскальзывания по стенке ствола скважины в направлении, противоположном вращению бурильной колонны. Когда это происходит, центр муфты движется вокруг ствола скважины быстрее, чем скорость вращения. Это вихревое движение обычно не вызывает значительного повреждения наружной поверхности, но обратное вихревое движение действительно увеличивает количество циклов изгиба, что приводит к усталостному разрушению соединения [2, 5].

В определенной степени осевые вибрации всегда присутствуют во время нормального процесса бурения. Их основной источник – взаимодействие между долотом и разбуриваемой породой. Чрезвычайно сильные осевые колебания могут привести к потере контакта долота с забоем скважины. Эта экстремальная форма осевой вибрации называется отскоком долота (рис. 6). Отскок долота происходит преимущественно при использовании трехшарошечных долот в более твердых породах, особенно при очень низкой нагрузке на долото.

Трехшарошечное долото будет отскакивать от треугольного профиля забоя, образованного в породе, с частотой, в три раза превышающей скорость вращения. Отскок долота также может происходить при использовании трехшарошечных долот, когда наблюдается прерывистое вращение. Было замечено, что этот же эффект происходит с долотами PDC с малой нагрузкой на долото при работе забойного двигателя [2].

РИС. 5. Синхронный прямой и обратный вихрь (вверху)

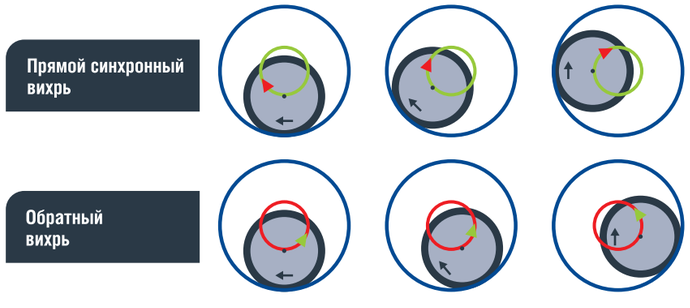
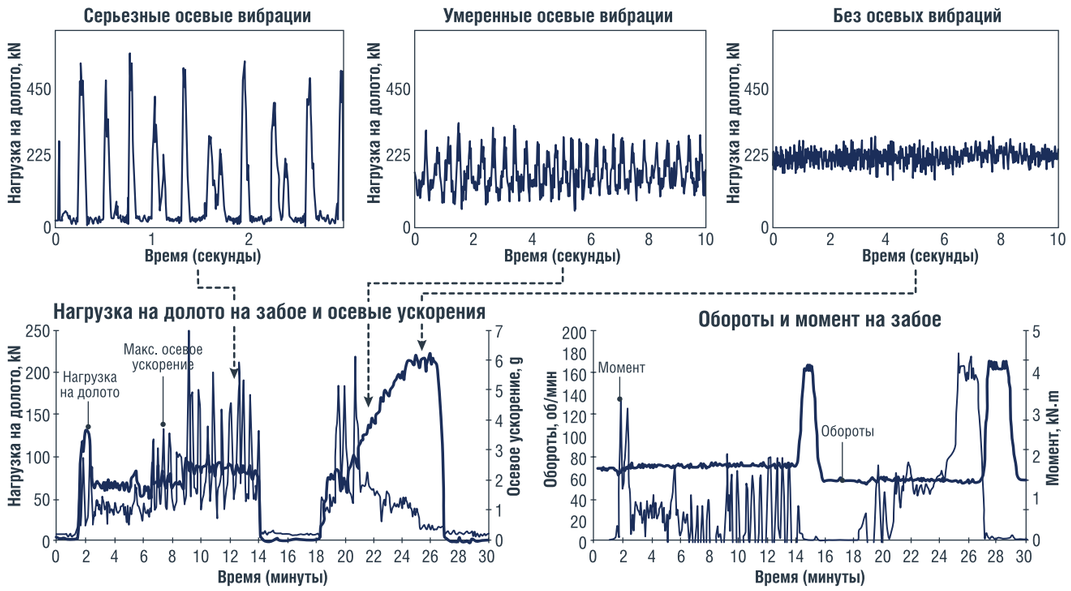


РИС. 6. Осевая вибрация (отскок долота), как она подавляется увеличением нагрузки на долото (сверху)



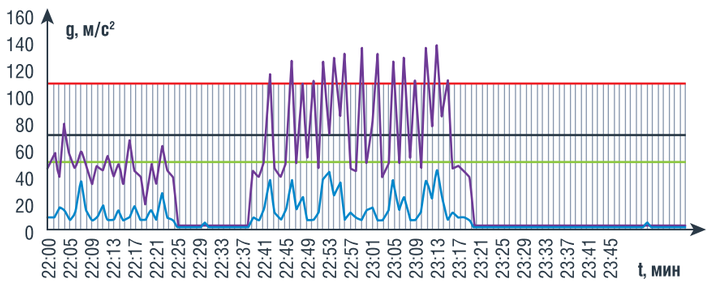
Анализ существующей проблемы с вибрациями

Как было отмечено ранее, основной проблемой отказа оборудования являются вибрации. Рассмотрим один из примеров отказа, которой произошел на месторождении.

На рис. 7 представлен график вибрации в процессе бурения. На данном графике вибрации разделены на три уровня:

- уровень допустимых вибраций (от 50 до 70g),
- уровень высоких вибраций (от 70 до 110g),
- уровень критических вибраций (выше 110g).

РИС. 7. График вибрации в процессе бурения скважины



Синяя линия представляет собой осевые вибрации, а фиолетовая – поперечные [4].

Анализируя график вибрации и таблицу 1, мы можем сделать вывод, что 4-го июня 2020 года после наращивания в 22:25 при бурении в роторном режиме вибрации достигали критических величин вибрации, и это продолжалось вплоть до 23:20. Данные вибрации имели пиковый характер с периодическим появлением. Из-за высоких вибраций, действующих длительное время, произошел отказ скважинного оборудования. Отказ был выражен отсутствием показаний датчика. Под действием высоких вибраций произошло разрушение трубки в скважинном приборе.

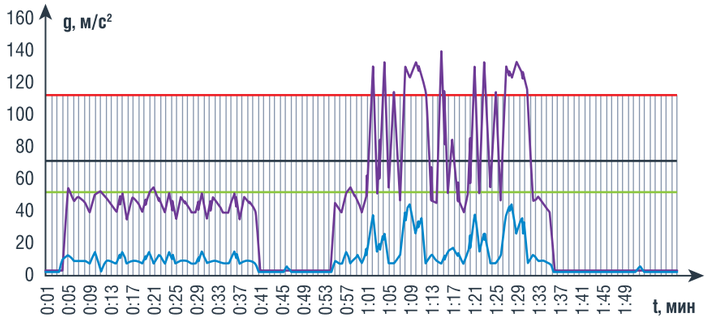
ТАБЛИЦА 1. Выполняемые операции на буровой в момент высоких вибраций

Начало интервала		Конец интервала		Операции на буровой
Дата	Время	Дата	Время	
04.06.20	21:40	04.06.20	22:25	Бурение в роторном режиме
04.06.20	22:25	04.06.20	22:38	Наращивание
04.06.20	22:38	04.06.20	23:20	Бурение в роторном режиме
04.06.20	23:20	05.06.20	06:10	СПО

ТАБЛИЦА 2. Выполняемые операции на буровой в момент высоких вибраций

Начало интервала		Конец интервала		Операции на буровой
Дата	Время	Дата	Время	
21.07.20	0:04	21.07.20	0:41	Бурение в роторном режиме
21.07.20	0:41	21.07.20	0:52	Наращивание
21.07.20	0:53	21.07.20	01:36	Бурение в роторном режиме
21.07.20	01:36	21.07.20	10:48	СПО

РИС. 8. График вибрации в процессе бурения скважины



Также подобный случай произошел на другом месторождении при бурении скважины 21-го июля 2020 года (рис. 8).

Отказ имел такой же характер, как и на предыдущем месторождении. В 00:54 при бурении в роторном режиме вибрации достигали критических вибрации, и это продолжалось до 01:33. Данные вибрации имели пиковый характер с периодическим появлением. Из-за высокой вибрации, действующей длительное время, произошел отказ скважинного оборудования. Отказ был выражен отсутствием показании резистивиметра. Под действием вибрации произошло разрушение соединительного контакта резистивиметра.

Анализируя множество подобных отказов, можно выделить основные причины их возникновения – это несвоевременная регистрация показаний высокой вибрации и отсутствие мер по предотвращению высоких вибраций.

Несвоевременная регистрация показаний высокой вибрации возникает в связи с отсутствием постоянного контроля уровня вибрации. Постоянный контроль вибрации предполагает постоянную передачу информации об уровне вибрации скважинным прибором на поверхность. Но, так как телесистемы работают с использованием гидроканала ширина канала передачи данных ограничена. Из-за ограниченности гидроканала, постоянный мониторинг становится невозможным. Также невозможностью постоянной передачи уровня вибрации является необходимость постоянно передавать основную информацию о гамма-каротаже, данные резистивимитра и инклинометрии [6].

Заключение

В процессе строительства скважины финансовые потери из-за отказа оборудования по причине действия высоких вибраций могут достигать 5–10 % от общего числа затрат на бурение, что является очень большим значением. Как известно, основной причиной отказа оборудования остается влияние больших уровней вибрации на оборудование. Также в связи с отказом оборудования снижается скорость строительства скважины, увеличивается непроизводительное время, идет удорожание проекта, что невыгодно заказчику. Повышенные вибрации сокращают срок службы оборудования и ведут к его преждевременному отказу. Отказ оборудования также невыгоден и подрядчику, предоставляющему данное оборудование, так как каждое оборудование имеет срок окупаемости и преждевременный отказ оборудования может принести финансовые убытки. Соответственно, чтобы добиться максимальной экономической эффективности, необходимо выработать совместные методы для предотвращения вибраций и их контроля в процессе бурения, как при проектировании скважины, так и во время бурения. ●

Литература

1. *Baker Hughes INTEQ: "Navi-Drill® Motor Handbook", 10th edtition, rev C, Baker Hughes Incorporated, January 2006.*
2. *Puebla H., Alvarez-Ramirez J. Suppression of stick-slip in drillstrings: A control approach based on modeling error compensation // Journal of Sound and Vibration. – 2008. – Т. 310. – № 4–5. – С. 881–901.*
3. *Richard T. et al. Influence of bit-rock interaction on stick-slip vibrations of PDC bits // SPE Annual Technical Conference and Exhibition. – OnePetro, 2002.*
4. *Robnett E. W. et al. Analysis of the stick-slip phenomenon using downhole drillstring rotation data // SPE / IADC drilling conference. – OnePetro, 1999.*
5. *Аппаратный комплекс для увеличения передаваемой информации в процессе бурения с помощью комбинированного канала связи и троичного кодирования / Л.Р. Календарова, А.М. Машкова, Н.В. Соловьев [и др.] // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2021. – № 10 (118). – С. 62–64.*
6. *Инклинометр МГРИ – Вибрации во время бурения / Е.Г. Шихбабаева, Н.В. Соловьев, А.М. Машкова [и др.] // Молодые – Наукам о Земле: Тезисы докладов X Международной научной конференции молодых ученых. В 7-ми томах, Москва, 31 марта – 01 2022 года / Редколлегия: Ю.П. Панов, Р.Н. Мустаев. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2022. – С. 300–304.*

KEYWORDS: *drilling, construction, wells, drilling equipment, vibrations, intermittent rotation.*

ТОРГОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО РОССИИ И КИТАЯ

в нефтегазовой сфере в условиях новой геополитической обстановки

В РАБОТЕ АНАЛИЗИРУЮТСЯ ФОРМЫ ТОРГОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РОССИИ И КИТАЯ В НЕФТЕГАЗОВОЙ СФЕРЕ. ПОКАЗАНЫ ИЗМЕНЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ СО СДВИГАМИ ГЕОПОЛИТИЧЕСКОГО ПОРЯДКА И СУЩЕСТВУЮЩИМИ РЕАЛИЯМИ. РАССМОТРЕНЫ БАЗОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПРОГНОЗЫ В СФЕРЕ ТОРГОВЛИ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯМИ, А ТАКЖЕ ПРОЕКТЫ В СФЕРЕ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В НЕФТЕГАЗОВУЮ ОТРАСЛЬ. РАССМАТРИВАЕТСЯ ПОЗИЦИЯ РОССИИ В ИЕРАРХИИ ТОРГОВЫХ ПАРТНЕРОВ КНР, ОБРАЩАЕТСЯ ВНИМАНИЕ НА РОЛЬ АРКТИКИ В РАЗВИТИИ ПРОЕКТОВ ДОБЫЧИ И ЭКСПОРТА НЕФТИ И ГАЗА

THE PAPER ANALYZES THE FORMS OF TRADE AND ECONOMIC INTERACTION BETWEEN RUSSIA AND CHINA IN THE OIL AND GAS SECTOR. THE CHANGES ASSOCIATED WITH THE SHIFTS IN THE GEOPOLITICAL ORDER ARE SHOWN. THE BASIC INDICATORS AND FORECASTS IN THE FIELD OF ENERGY TRADE, AS WELL AS PROJECTS IN THE FIELD OF INVESTMENT IN THE OIL AND GAS INDUSTRY, WERE CONSIDERED. THE POSITION OF RUSSIA IN THE HIERARCHY OF CHINA'S TRADING PARTNERS IS NOTED AND ATTENTION IS DRAWN TO THE ROLE OF THE ARCTIC IN THE DEVELOPMENT OF OIL AND GAS PRODUCTION AND EXPORT PROJECTS

Ключевые слова: *нефтегазовая отрасль, торгово-экономическое сотрудничество России и Китая, Арктика, инвестиционное сотрудничество, развитие Дальнего Востока и Сибири.*

УДК 339.9

Захаров Александр Николаевич

профессор, доктор экономических наук, профессор кафедры мировой и национальной экономики, ВАВТ Минэкономразвития России

Карпова Александра Александровна

студентка ВАВТ Минэкономразвития России, факультет экономистов-международников

Нефть и газ лежат в основе развития мировой экономики. Кроме того, газ, являясь экономически эффективным и относительно экологически чистым энергоносителем, влияет на энергетическую безопасность в мире. Последние два года рынок энергоносителей был крайне нестабильным.

Во время пандемии спрос резко снизился, а с ним и предложение, однако позднее, по мере восстановления спроса на энергоносители, выяснилось, что он превышает предложение.

Украинский кризис привел к дальнейшим перебоям на энергетическом рынке. Кризис затронул и Россию, которая является одним из крупнейших экспортеров газа и вторым по объемам поставок нефти.

Однако общий обзор ситуации не всегда объективно отражает обстановку, складывающуюся в рамках национальной экономики и нефтегазовой отрасли, в частности. Особенно это заметно в период, когда цены на энергоносители не отражают баланса спроса и предложения,

а содержат в себе «плату за страх неопределенности»[1]. Поэтому для того, чтобы создать более детальную картину происходящего на энергетическом рынке, важно провести анализ торгово-экономических отношений России с ее стратегическими партнерами, а применительно для данной статьи – анализ сотрудничества России и Китайской Народной Республики (КНР) в сфере экспорта-импорта нефти и газа.

Оценка сегодняшних торгово-экономических взаимоотношений между Россией и Китаем в нефтегазовой сфере

До изменений, последовавших за пандемией и украинским кризисом, развивающаяся Азия, для которой характерны наиболее высокие темпы экономического роста и потребления энергии, занимала довольно скромное место среди импортеров российских энергоносителей, в то время как развитая Европа, темпы роста которой замедлены, играла лидирующую роль. Так, в 2020 г. в Европу было направлено 48% российского экспорта нефти, а на Азию приходилось 33%, из них 31% – в Китай. По прогнозам, в 2020–2050 гг., с учетом вероятных темпов роста потребления нефти и низкого уровня добычи, к 2050 г. доля Европы в мировом импорте нефти сократится до 18%, а доля развивающейся Азии вырастет до 33%, что в два раза превысит долю Европы. Говоря о доле Европы в российском экспорте, 3 июня был опубликован шестой пакет санкций ЕС в отношении России из-за специальной военной операции на Украине, в который вошел запрет импорта российской нефти, а именно сырой нефти и нефтепродуктов, перевозимой морскими танкерами. Ограничения не коснутся поставок нефти по трубопроводу «Дружба», на который приходится 10% от всего объема нефти, покупаемой Евросоюзом у России.

Кроме того, Европа через полгода запретит финансировать и страховать транспортировку российской нефти, в первую очередь морским путем, в третьи страны. «Это затруднит дальнейший экспорт российских нефти и нефтепродуктов в остальные страны мира, поскольку европейские операторы являются важными поставщиками этих услуг»[2]. Более того, согласно Bloomberg, для того чтобы поставить тот же объем нефти из балтийских портов (на них приходится 75% поставок из западных портов) не в Европу, а в Азию, понадобится в 5–6 раз больше танкеров.

В данном контексте ожидается, что прогнозы о том, какую долю Азия и Китай, в частности, будут занимать в экспорте нефти, ближайшее время будут постоянно меняться. Аналогичная ситуация наблюдается в сфере экспорта российского природного газа: около 72% идет в развитую Европу и только 6% в развивающуюся Азию, из них 5% в Китай. Полагаясь на прогнозируемые Energy Information Administration (EIA) темпы роста потребления газа по регионам, можно ожидать, что к 2050 г. доля развитой Европы в мировом импорте газа сократится до 29%, а развивающейся Азии возрастет до 35%[3]. Говоря о доле Европы в российском экспорте газа, в текущей ситуации трудно давать какие-либо прогнозы, невозможно предугадать, что будет и в следующем году: например, в марте Еврокомиссия озвучила стратегию отказа от российского газа к 2027 г., поскольку в 2023 г. и 2024 г. на рынке сжиженного природного газа (СПГ) планируется дефицит, который, возможно, будет преодолен только до 2025 года.[4]

В связи с этим в настоящее время Россия планирует нарастить производство сжиженного природного газа[5]. Важно отметить, что правительство РФ профинансирует научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию отечественных комплексов сжижения газа. Распоряжение № 2289-р от 17.08.2022 г. о выделении на эти цели 1 млрд рублей подписал председатель правительства Михаил Мишустин[6]. Как отметил на заседании правительства 17 августа М. Мишустин: «Развитие собственных возможностей в этой сфере поможет решить целый ряд задач, поддержать относительно новый для российской энергетики сектор, запустить промышленные площадки, создать рабочие места и продолжить продвижение к национальным целям развития, которые определил президент»[7].

Субсидии из резервного фонда кабмина предоставят российским компаниям, реализующим научные разработки по созданию отечественных комплексов сжижения газа. Эти средства позволят обеспечить запуск и частичное финансирование в 2022 г. четырех проектов по созданию СПГ-оборудования для средне- и крупнотоннажного производства. Всего в России будет реализовано 18 таких проектов, что позволит в будущем увеличить объемы производства СПГ. По планам к 2035 г. эти показатели должны вырасти до 80–140 млн т в год. Создание российского оборудования для производства СПГ – одна из главных задач федерального проекта «Прорыв на рынки СПГ», утвержденного в конце 2021 г. На сегодняшний день единственный российский комплекс производства сжиженного газа «Арктический каскад» используется на заводе «Ямал СПГ».

---

[1] *Нефть проблем: с чем связано решение ОПЕК+ символически нарастить добычу Какие риски развития мировой экономики могли увидеть участники альянса // ИзвестияIZ URL: https://iz.ru/1374429/irina-kezik/neft-problem-s-chem-sviazano-reshenie-opek-simvolicheski-narastit-dobychu (дата обращения: 06.08.2022).*

[2] *Евросоюз отказывается от российской нефти: что это значит для инвестора // Forbes URL: https://www.forbes.ru/investicii/468091-evrosouz-otkazyvaetsa-ot-rossijskoj-nefti-cto-eto-znacit-dla-investora (дата обращения: 03.08.2022).*

[3] *BP Statistical Review of world Energy 2021, P. 42. https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html.*

[4] *Худшее впереди: Европа в страхе, что «Газпром» пойдет на принцип и остановит поставки // Свободная пресса URL: https://svpressa.ru/economy/article/344229/ (дата обращения: 03.08.2022).*

[5] *Захаров А.Н., Рахимзода М.А. Развитие нормативной базы в части субсидирования строительства объектов производственно-сбытовой инфраструктуры СПГ в РФ // Neftegaz.RU 2022. № 9 С.14–21. https://magazine.neftegaz.ru/.*

[6] *Правительство выделило 1 млрд рублей на разработку отечественного оборудования для сжижения газа; Распоряжение от 17 августа 2022 года №2289-р // Новости – Правительство России URL: http://government.ru/news/46271/ (дата обращения: 10.10.2022).*

[7] *Заседание правительства: В повестке: о снижении ставки по льготным инвестиционным займам для предприятий АПК, о поддержке разработчиков оборудования для сжижения газа, о расширении программы компенсации операционных расходов временно закрытых аэропортов, о дополнительном финансировании строительства и реконструкции инфраструктурных объектов // Новости – Правительство России URL: http://government.ru/news/46264/#gas (дата обращения: 10.10.2022).*

ТАБЛИЦА 1. Крупнейшие мировые производители нефти в 2021 г. при общем объеме поизводства 89,876 баррелей в день

Страна	Объем добычи нефти (тыс. барр. в день)
США	16,585
Саудовская Аравия	10, 954
Россия	10,944
Канада	5,429
Ирак	4,102
Китай	3,994
ОАЭ	3,668
Иран	3,620
Бразилия	2,987
Кувейт	2,741
Норвегия	2,025
Мексика	1,928
Казахстан	1,811
Нигерия	1,626
Алжир	1,353
Ливия	1,269
Катар	1,746
Ангола	1,164
Оман	971
Великобритания	874
Индия	746
Колумбия	738
Азербайджан	722
Индонезия	692
Венесуэла	654
Аргентина	627
Египет	608
Малайзия	573
Эквадор	473
Австралия	435
Нидерланды	398

ТАБЛИЦА 2. Крупнейшие мировые производители газа в 2021 г., млрд м^3

Страна	Объем добычи газа (млрд м^3)
США	934,2
Россия	701,7
Иран	256,7
Китай	209,2
Катар	177
Канада	172,3
Австралия	147,2
Саудовская Аравия	117,3
Норвегия	114,3
Алжир	100,8
Туркменистан	79,3
Малайзия	74,2
Египет	67,8
Нигерия	45,9
Индонезия	59,3
ОАЭ	57
Узбекистан	50,9
Остальные страны	671,8

Таким образом, можно сделать промежуточный вывод о том, каким образом целесообразно корректировать географическую направленность российского экспорта энергоносителей, чтобы он соответствовал современным темпам мировой экономики и энергетики. Согласно приведенным данным (табл. 1 и 2), на которых отражены данные по добыче нефти и газа в различных странах на 2021 г., азиатское направление актуально: притом что в данном регионе сосредоточен ряд стремительно развивающих стран, их обеспеченность энергоносителям и текущие объемы добычи не дают возможности прогрессировать с опережающими темпами.

Несомненно, в энергетической сфере поворот на восток начался давно, и главная его причина заключается в том, что России необходимо ускорить экономический рост Дальнего Востока и обеспечить более полное освоение природных богатств Сибири. А в условиях текущей ситуации стало весьма необходимым обеспечить отечественный ТЭК рынком сбыта. Сегодня в РФ разрабатываются новые месторождения нефти и газа, создается инфраструктура, нацеленная на обеспечение экспорта в Азию, прежде всего в Китай. В таблице 3 приведены крупнейшие инвестиционные проекты китайских ТНК в российском энергетическом секторе.

Приведем ряд крупных проектов. Так, в конце 2019 г. вышел на полную мощность магистральный нефтепровод Восточная Сибирь – Тихий океан. Введен в эксплуатацию газопровод «Сила Сибири», в 2024 г. планируется начать строительство «Силы Сибири-2» при участии России, Китая и Монголии с последующим введением в эксплуатацию в 2027–2028 гг., предназначенный для экспорта российского газа в Китай. Первые экспортные поставки газа в эту страну пошли

[8] *Таблица составлена авторами на основе источников: file:///C:/Users/User/Downloads/analiz-tekuschego-sostoyaniya-i-effektivnosti-investitsiy-kitayskih-predpriyatiy-v-energeticheskiy-sektor-rossii.pdf , https://raspp.ru/business_news/top-11-kitayskikh-investitsiy-v-rossiyu/ , https://magazine.neftegaz.ru/rossiya-i-kitay-ot-torgovli-energoresursami-k-investitsionnomu-sotrudnichestvu//.*

ТАБЛИЦА 3. Крупнейшие инвестиционные проекты китайских ТНК в российском энергетическом секторе[8]

Год	Объем инвестиций	Проект	Китайская сторона	Подсектор
2014–2015	$20 млрд	Ямал СПГ	CNPC и Фонд Шелкового пути	Газ
2020	$10 млрд	СИБУР	Sinopec и Фонд Шелкового Пути	Нефтехимия
2017–2021	$25 млрд	Арктик СПГ-2	CNOOC и CNODC	Газ
2006	$5,5 млрд	ОАО «Удмуртнефть»	Sinopec	Нефть и газ
2017	$1,1 млрд	АО «Верхнечонскнефтегаз»	Beijing Gas Group Company Limited	Нефть и газ
2015	$1,21 млрд	Новатэк	SAFE	Газ
2017	$0,1 млрд	Eurasia Drilling	CIC	Нефть

ГРАФИК 1. Страны, экспортирующие газ в Китай в 2021 году[12]

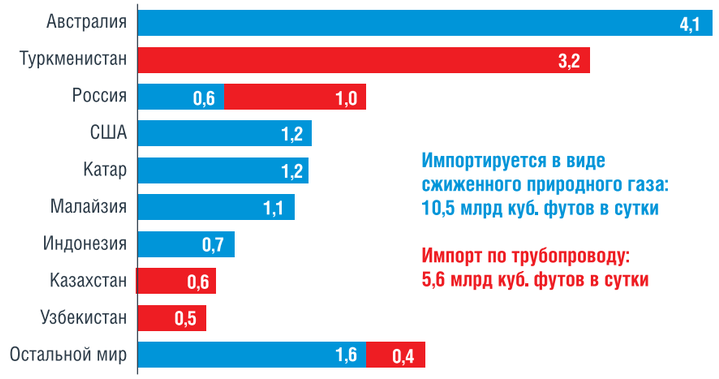


ТАБЛИЦА 4. Страны, экспортирующие нефть в Китай[13]

Год	Страна	Объем, млн т
2020	Саудовская Аравия	84,92
2020	Россия	83,57
2020	Ирак	60,11
2020	Бразилия	43,78
2020	Ангола	41,78
2020	Оман	37,83
2020	США	19,76

с Чаяндинского месторождения в Якутии. Некоторое время назад Россия и Китай начали обсуждение нового маршрута поставок российского газа в Китае с уже обустроенных месторождений в Западной Сибири. Мощность данного проекта может составить около 30 млрд куб. м в год. Однако китайскую сторону не удовлетворил первый вариант вхождения магистрального трубопровода в Китай через западные районы. В связи с этим разрабатывается новый вариант маршрута через территории Монголии.

Рассматривая совместные проекты России и КНР по освоению новых месторождений и созданию современной инфраструктуры, следует уточнить специфику инвестиционных проектов Китая. Планы китайского руководства включают переход от импорта нефти с мировых рынков по волатильным рыночным ценам к поставкам нефти и газа в Китай с зарубежных месторождений, где китайские нефтегазовые компании участвуют в разработке или входят в акционерный капитал местных компаний. Иными словами, китайские компании заинтересованы в полном цикле экспорта энергоносителей, начиная с разработки месторождений, строительства инфраструктуры и последующего экспорта[9]. В данном случае нефть и газ, импортируемые с месторождений, в разработке которых участвует китайский капитал, рассматриваются в качестве внутреннего источника и, как следствие, не учитываются при распределении квот между поставщиками нефти и газа. Именно поэтому Китаю выгоднее выстраивать с Россией именно инвестиционное сотрудничество. Таким образом, данное взаимодействие отвечает взаимным интересам наших стран и способствует расширению сферы двустороннего торгово-экономического сотрудничества.

Вместе с тем в долгосрочной перспективе при ответе на вопрос, сможет ли Китай стать альтернативным рынком сбыта российских энергоносителей и заменить Европу, мы сталкиваемся с рядом противоречий: так, хотя после начала специальной военной операции на Украине Китай (а также Индия) резко увеличили импорт российской нефти, в большей степени это было связано с тем, что российские трейдеры предоставили существенный дисконт на нефть: он достигал 30 долларов[10]. Азиатские покупатели помогли Москве перенаправить потоки нефти с запада, однако это был далеко не альтруистический жест, а выгодное предложение. Что касается газа, то в 2022 году «Газпром» зафиксировал новый рекорд по объему поставок газа в Китай по газопроводу «Сила Сибири», на начало июля объемы выросли на 63,4 % за шесть месяцев текущего года[11].

Диверсификация поставок энергии в Китай

Одной из ключевых целей КНР при проведении внешнеторговой политики является диверсификация поставщиков энергии. Актуальная структура импорта газа и нефти Китая представлена на графике 1 и в таблице 4.

Энергетическая стратегия Китая базируется на опасности чрезмерной зависимости от импорта энергоносителей из одной страны, что ведет к расширению сферы влияния по всему миру. Поскольку на сегодняшний день риски гипотетического блокирования традиционных каналов энергоснабжения велики, попытки Китая диверсифицировать поставки энергоресурсов в страну весьма значительны, то есть на определенном этапе и российские поставки будут ограничены. Так, уже сегодня Россия уступила звание крупнейшего экспортера нефти в Китай – ее обошла Саудовская Аравия (2,06 млн баррелей в сутки против 1,48 млн из России). Подобная смена приоритетов может иметь и долгосрочные последствия. Сотрудничество Китая с новым партнером будет расширяться: нефтяная компания

[9] *Захаров А.Н., Русак Н.А. Россия и Китай: От торговли энергоресурсами к инвестиционному сотрудничеству // Neftegas.ru URL: https://magazine.neftegaz.ru/articles/mezhdunarodnye-otnosheniya/555506-rossiya-i-kitay-ot-torgovli-energoresursami-k-investitsionnomu-sotrudnichestvu/ (дата обращения: 06.08.2022).*

[10] *Индия и Китай сократили закупки нефти из России. Разбираемся почему // РБК URL: https://quote.rbc.ru/news/article/62e3f57f9a7947546a274088 (дата обращения: 03.08.2022).*

[11] *«Газпром» поставил рекордный объем газа в Китай // РБК URL: https://quote.rbc.ru/news/short_article/62d551459a79470b3d1aabea (дата обращения: 03.08.2022).*

[12] *В 2021 году Китай впервые стал крупнейшим импортером СПГ в мире // RenEn URL: https://renen.ru/v-2021-godu-kitaj-vpervye-stal-krupnejshim-importyorom-spg-v-mire/ (дата обращения: 03.08.2022).*

[13] *Китай увеличил импорт нефти в 2020 г. на 7,6% // ifinance URL: http://global-finances.ru/postavki-nefti-v-kitaj-2020/ (дата обращения: 03.08.2022).*

Саудовской Аравии Saudi Aramco и китайская энергетическая компания Sinopec заключили меморандум о взаимопонимании, согласно которому планируют развивать взаимовыгодное сотрудничество. Меморандум о взаимопонимании определяет пути стратегического сотрудничества компаний и поддерживает долгосрочные отношения между ними и их существующими совместными предприятиями в Китае и Саудовской Аравии[14]. Следует отметить, что на сегодняшний день рынок в целом очень узкий, а мировая добыча нефти работает на пределе возможностей: свободные мощности по наращиванию добычи и производству остались только у Саудовской Аравии.

Несмотря на расширение торгово-экономического сотрудничества с Саудовской Аравией, Китай высоко ценит сложившиеся взаимоотношения с Россией в нефтегазовой сфере. Именно поэтому в нынешней мировой геополитической и экономической ситуации китайские власти категорически против попыток Соединенных Штатов ввести односторонние санкции в отношении поставок российской нефти в КНР. Как заявил представитель МИД Китая Чжао Лицзянь, «Китай и Россия осуществляют нормальное торгово-экономическое сотрудничество на принципах равноправия, обоюдной выгоды и взаимного уважения, и мы не потерпим внешнего вмешательства»[15].

Сотрудничество между Россией и КНР в нефтегазовой сфере в Арктике

Помимо экономически стремительно развивающего российского Дальнего Востока, активное сотрудничество между Россией и КНР разворачивается в Арктике. Интерес Китая к Крайнему Северу в свете постоянного дефицита сырья и ресурсов вполне объясним. В этом регионе, по данным Геологической службы США, находятся 30% неразведанных запасов газа и 13% нефти[16]. К этому стоит добавить логистические выгоды использования Северо-Западного прохода (СЗП) и Северного морского пути (СМП). Для Китая арктические минеральные ресурсы – один из важнейших источников диверсификации мировой географической структуры импортируемых страной энергоносителей.

Кроме того, Китай обладает необходимым перечнем технических возможностей для участия в разработке природных богатств Арктики. «Белая книга» провозглашает нацеленность Поднебесной на использование ресурсов Арктики законным и рациональным образом. В рамках данной стратегии именно Россия является важнейшим партнером КНР в реализации арктических планов[17].

ГРАФИК 2. Международные прямые инвестиции Китая в 2005–2019 гг. по секторам[18]

Среди российских арктических проектов освоения ресурсов углеводородов особенно выделяются два, ориентированные на производство сжиженного природного газа. Первый из них, проект «Ямал СПГ» ПАО «НОВАТЭК», по сложности реализации в Арктике, масштабам и скорости строительства не имеет аналогов в мире. Богатая ресурсная база полуостровов Ямал и Гыданский позволяет планировать строительство новых заводов с общей мощностью производства до 50–80 млн тонн СПГ в год. Китай контролирует в «Ямал СПГ» 29,9%-ную долю, из которой 20% принадлежат Китайской национальной компании по разведке и разработке нефти и газа CNODC (China National Oil and Gas Exploration and Development Corporation – 100%-ному дочернему предприятию CNPC) и 9,9% – Фонду Шелкового Пути (Silk Road Fund).

Второй проект – «Арктик СПГ 2» предусматривает строительство трех линий производства СПГ общей мощностью 19,8 млн т в год (по 6,6 млн т) на основе месторождения газа Утреннее (запасы около 2 трлн м^3), расположенного на побережье полуострова Гыданский (в 70 км к востоку через Обскую губу). Две китайские компании CNODC и CNOOC (China National Offshore Oil Corporation – Китайская национальная шельфовая нефтяная корпорация) вошли в апреле 2019 г. в проект ПАО «НОВАТЭК» «Арктик СПГ 2», получив по 10% акций.

Китайские корпорации и банки рассматривают и ряд других проектов в России, прежде всего инфраструктурных. В частности,

[14] *Aramco и Sinopec подписали меморандум о взаимопонимании // РБК URL: https://quote.rbc.ru/news/short_article/62eb79b49a79479a89ce0d2d (дата обращения: 03.08.2022).*

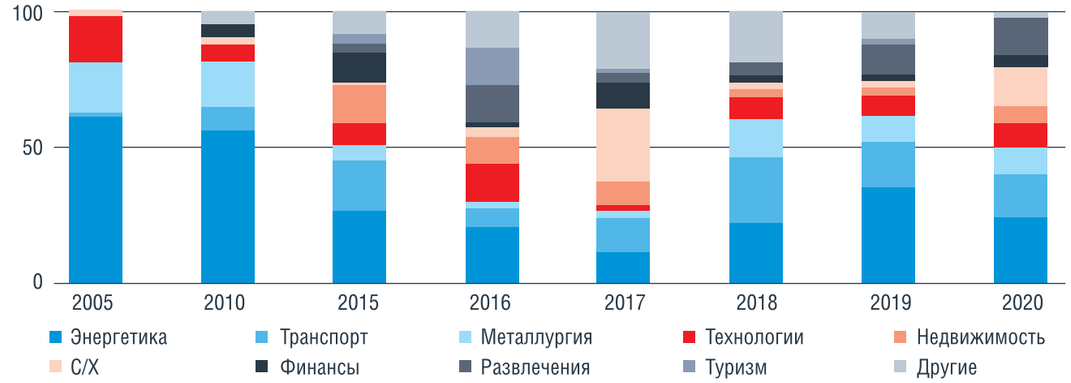
[15] *МИД КНР выразил недовольство попытками США ввести санкции против поставок нефти РФ в Китай // ТАСС URL: https://tass.ru/ekonomika/15319843 (дата обращения: 03.08.2022).*

[16] *Энергетика // Геологическая служба США URL: https://www.usgs.gov/search?keywords=energy (дата обращения: 03.08.2022).*

[17] *Лебедева Е.А. Геополитические амбиции Китая в Арктике // Вопросы студенческой науки. – Архангельск: Выпуск № 7 (35), июль 2019. – С. 76–84.*

[18] *В какие страны инвестирует Китай // Яндекс Дзен URL: https://zen.yandex.ru/media/infostat/v-kakie-strany-investiruet-kitai-5d7e24da4e05773c3d093da8 (дата обращения: 10.08.2022).*

ГРАФИК 3. Прямые инвестиции Китая в Россию в 2005–2020 гг.[19]



в 2017 г. Эксимбанк КНР (China Exim Bank/Export-Import Bank of China – Экспортно-импортный банк Китая) и компания Poly International Holding Co. объявили о готовности вложить 5,5 млрд долл. в строительство железнодорожной магистрали «Белкомур» (от Белого моря через Республику Коми на Урал) и глубоководного порта в г. Архангельске.[20] Таким образом, доля энергетического сектора в общем объеме китайских инвестиций постоянно растет, об этом свидетельствует график 2, демонстрируя доминирование энергетики над прочими отраслями, в которые активно инвестирует Китай. Однако, что касается инвестирования непосредственно в Россию (график 3), переход Китая от экспортной модели роста к модели, основанной на внутреннем потреблении, отразился на структуре исходящих ПИИ. Большая часть вложений китайских компаний сосредоточена в секторе услуг и потребления (см. график 3). При этом традиционно высокая роль добывающей отрасли постепенно снижается. Так, если на энергетический сектор в 2010 г. приходилось 57% инвестиционных сделок, то к 2018–2020 гг. доля снизилась до 28%. А вложения в сектор развлечений выросли с нуля до 10% в структуре всех инвестиционных сделок за последние три года.

• • •

Таким образом, сегодня российско-китайские торгово-экономические отношения в нефтегазовой сфере находятся на пиковой отметке с исторической точки зрения.[21] Китай и Россия состоят в отношениях всеобъемлющего партнерства и стратегического взаимодействия новой эпохи. Высокая степень политического взаимного доверия между Россией и КНР заложила прочную основу для углубления торгово-экономического сотрудничества и содействия развитию мировой экономики. Китайская национальная нефтегазовая корпорация CNPC, «Газпром» и «Роснефть» подписали китайско-российское соглашение о закупке и продаже природного газа на Дальнем Востоке, а также дополнительное соглашение, гарантирующее контракт на поставку нефти на нефтеперерабатывающие западные заводы Китая. Россия поставит в Китай дополнительно от 10 до 48 млрд м^3 природного газа и 100 млн т нефти для удовлетворения энергетических потребностей Китая.[22] Это, на наш взгляд, еще больше укрепит основы энергоснабжения на северо-востоке и северо-западе Китая и будет способствовать росту торгово-экономического сотрудничества между Россией и КНР в нефтегазовой сфере в условиях новой геополитической обстановки. ●

Литература

1. *Распоряжение Правительства от 17 августа 2022 г. № 2289-р О выделении Минпромторгу России из резервного фонда Правительства РФ в 2022 г. бюджетных ассигнований в размере 1 млрд рублей на предоставление субсидий российским организациям на финансирование затрат на проведение работ по созданию оборудования для производства СПГ – Правительство России. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://government.ru/docs/46271/. Дата обращения: 24.08.2022.*
2. *Богоявленский В.И., Богоявленский И.В. Сотрудничество России и Китая в нефтегазовой сфере // Труды Вольного Экономического Общества (ВЭО) России. – Москва: 2019, С. 24–41.*
3. *Захаров А.Н., Рахимзода М.А. Развитие нормативной базы в части субсидирования строительства объектов производственно-сбытовой инфраструктуры СПГ в РФ // Neftegaz.RU. – 2022. – № 9. – С.14–21 https://magazine.neftegaz.ru/.*
4. *Захаров А.Н., Русак Н.А. Россия и Китай: от торговли энергоресурсами к инвестиционному сотрудничеству // Neftegaz.RU, 2020. – № 6. – С. 72–75 https://magazine.neftegaz.ru/.*
5. *Лебедева Е.А. Геополитические амбиции Китая в Арктике // Вопросы студенческой науки. – Архангельск: Выпуск № 7 (35), июль 2019. – С. 76–84.*
6. *Трусов А.Д., Захаров А.Н. Комплексное использование сырьевых ресурсов: пути повышения экономической эффективности в условиях НТП. М.: Наука. 1986.*
7. *Захаров А.Н., Старовая Ю.А. Обзор развития электронной торговли в мировой экономике: вызовы и последствия пандемии. Российский внешнеэкономический вестник. 2020. № 12. С. 18–32.*
8. *Захаров А.Н., Овакимян М.С. Топливно-энергетические комплексы ведущих стран мира (России, США, Франции, Италии): учеб. пособие. – 2-е изд. доп. М.: МГИМО-Университет. 2016. – 177с.*

KEYWORDS: *oil and gas industry, trade and economic cooperation between Russia and China, the Arctic, investment cooperation, development of the Far East and Siberia.*

[19] *Новости глобальной экономики 2021 // Центр макроэкономических исследований СБЕР URL: https://www.sberbank.com/common/img/uploaded/analytics/2021/feb8-14.pdf (дата обращения: 03.09.2022).*

[20] *Богоявленский В. И., Богоявленский И. В Сотрудничество России и Китая в нефтегазовой сфере // Труды Вольного Экономического Общества (ВЭО) России. – Москва: 2019. С. 24–41.*

[21] *Представитель Китая Чэнь Чжиган рассказал о перспективах экономического сотрудничества с Россией // RT URL: https://russian.rt.com/business/news/1038384-ekspert-rossiya-kitai (дата обращения: 03.09.2022).*

[22] *Справимся с трудностями рука об руку: РФ и КНР наращивают торгово-экономическое сотрудничество // RGRU URL: https://rg.ru/2022/08/17/rossiia-i-kitaj-spraviatsia-s-trudnostiami-ruka-ob-ruku.html (дата обращения: 03.09.2022).*

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ НАЛОГОВЫХ РЕЖИМОВ

для экономической оценки освоения Ольховского месторождения

УДК: 004:330.322:622.276

ЦЕЛЬЮ ИССЛЕДОВАНИЙ ЯВЛЯЕТСЯ ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ ОЛЬХОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЕРМСКОГО КРАЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ЕГО ДАЛЬНЕЙШЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ. ОЦЕНКА ВЫПОЛНЕНА С УЧЕТОМ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ НАЛОГОВЫХ РЕЖИМОВ, КАК У НАС В СТРАНЕ, ТАК И ЗА РУБЕЖОМ. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ ПОКАЗАЛИ, ЧТО ПРИМЕНЕНИЕ НАЛОГА НА ДОБЫЧУ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (НДПИ) ДЕЛАЕТ ОСВОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕРЕНТАБЕЛЬНЫМ. ВЫСОКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ДОСТИГАЕТСЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАЛОГА НА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ДОХОД (НДД) И МЕХАНИЗМОВ СОГЛАШЕНИЙ О РАЗДЕЛЕ ПРОДУКЦИИ (СРП) РОССИИ, ИРАКА И КИТАЯ. ПОКАЗАНО, ЧТО ДЕЙСТВУЮЩИЙ В РФ НАЛОГОВЫЙ РЕЖИМ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАЛОГА НА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ДОХОД И ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РОССИИ И ИРАКА ПОЗВОЛЯЕТ СОГЛАСОВАТЬ ИНТЕРЕСЫ ИНВЕСТОРА И ГОСУДАРСТВА. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАЛОГОВОГО МЕХАНИЗМА КИТАЯ ПОКАЗАЛО, ЧТО ДАННУЮ НАЛОГОВУЮ МОДЕЛЬ РЕКОМЕНДУЕТСЯ ПРИМЕНЯТЬ, ЕСЛИ ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДЫДУЩИХ НАЛОГОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДАЕТ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

THE PURPOSE OF THE RESEARCH IS TO ASSESS THE ECONOMIC EFFICIENCY OF THE OLKHOVSKY DEPOSIT DEVELOPMENT IN THE PERM TERRITORY TO SUBSTANTIATE ITS FURTHER EXPLOITATION. THE ASSESSMENT WAS MADE TAKING INTO ACCOUNT THE APPLICATION OF SPECIAL TAX REGIMES, BOTH IN OUR COUNTRY AND ABROAD. THE CALCULATION RESULTS SHOWED THAT THE APPLICATION OF THE MINERAL EXTRACTION TAX (MET) MAKES THE DEVELOPMENT OF THE DEPOSIT UNPROFITABLE. A HIGH ECONOMIC EFFECT IS ACHIEVED USING THE EXCESS-PROFITS TAX (EPT) AND THE MECHANISMS OF PRODUCTION SHARING AGREEMENTS (PSA) OF RUSSIA, IRAQ AND CHINA. IT IS SHOWN THAT THE CURRENT TAX REGIME IN THE RUSSIAN FEDERATION WITH THE APPLICATION OF THE EXCESS-PROFITS TAX AND THE APPLICATION OF SPECIAL REGIMES IN RUSSIA AND IRAQ MAKES IT POSSIBLE TO RECONCILE THE INTERESTS OF THE INVESTOR AND THE STATE. THE USE OF THE CHINESE TAX MECHANISM SHOWED THAT THIS TAX MODEL IS RECOMMENDED TO BE APPLIED IF THE APPLICATION OF PREVIOUS TAX MODELS GIVES A NEGATIVE ECONOMIC EFFECT

Ключевые слова: *месторождения углеводородов, технико-экономическая эффективность, рентабельность освоения запасов, чистый дисконтированный доход, налоговый режим, налоговый маневр.*

Богаткина Юлия Геннадьевна

ФГБУН Институт проблем нефти и газа, Российской академии наук (ИПНГ РАН), к.т.н, в.н.с.

Одной из часто обсуждаемых проблем экономической оценки проектов разработки нефтегазовых месторождений является учет налоговой составляющей в расходах организации. Получение приемлемого дохода государства и нефтегазовых компаний от разработки месторождений по добыче углеводородного сырья ставит задачу применения оптимального налогового режима, учитывающего интересы обоих сторон.

Проблемы комплексной экономической оценки разработки нефтегазовых объектов, под которыми подразумеваются разведанные месторождения либо перспективные на нефть участки, приобретает в наши дни все большую значимость.

Из стратегии развития нефтегазового комплекса до 2030 года следует, что сохранение уровней добычи нефти и стабильных цен на нефть и нефтепродукты в настоящее время является первостепенным экономическим ориентиром.

> Налоговая реформа 2014 года показала, что налогообложение нефтегазодобывающих предприятий стало более отягощающим

Налоговая реформа, проведенная в России в конце 2014 года, кроме повышения налога на добычу полезных ископаемых, показала, что, несмотря на снижение экспортных пошлин, налогообложение нефтегазодобывающих предприятий стало более отягощающим [1–4]. Отсутствие должной системности налогообложения предприятий по добыче углеводородного сырья создает трудности в прогнозировании экономической эффективности проектов разработки нефтегазовых месторождений и сужает круг потенциальных инвесторов [4].

Необходимо отметить, что одним из важнейших направлений государственного регулирования является установление оптимальной системы налогообложения в нефтегазодобыче [5].

Оптимальный уровень налогов должен обеспечивать решение нескольких задач. Во-первых, необходимо учесть интересы государства как собственника недр. Во-вторых, обеспечить заинтересованность со стороны частных компаний. В-третьих, создать условия для эффективной работы системы недропользования с целью оптимизации чистого дисконтированного дохода предприятия.

Исследователи выделяют два основных признака эффективной системы налогообложения.

1. Экономическая эффективность. Это значит, что при разработке месторождения должны использоваться самые современные технологии, которые позволят недропользователю достичь оптимальной динамики добычи и извлечь максимально возможное количество нефти.
2. Гибкость. Самым простым способом повысить гибкость налоговой системы является дифференцирование ставок налогов в зависимости от уровня добычи и цен. Налоговая система в идеале должна быть такой, чтобы ее не приходилось пересматривать при изменении ценовой конъюнктуры. Стабильность налоговой системы в нефтедобыче особенно важна из-за высокой капиталоемкости производства, больших сроков окупаемости проектов, высоких геологических рисков, связанных с неопределенностью объемов и качества запасов, а также высокой изменчивостью цен на нефть [6].

Как показывает мировой опыт, каждая страна разрабатывает свой собственный налоговый режим исходя из своих особенностей и использует специальные налоговые инструменты, с помощью которых изымают ресурсную ренту [6].

Отметим, что налоговый режим в недропользовании России включает два основных рентных налога: НДПИ и НДД (введенный в 2018 году для пилотных проектов) [1, 2].

В 2022 году ставка НДПИ составила 12 468 руб. за тонну добытых углеводородов.

Объектом налогообложения для НДД является чистый денежный поток (выручка за вычетом капитальных и эксплуатационных затрат). Налоговая ставка 50%. При этом налоге возможно понижение ставки НДПИ или полная отмена НДПИ. Также при уплате НДД учитывается степень выработки запасов. Если степень выработки запасов меньше 80% налог не взимается.

> Оптимальный уровень налогов должен учитывать интересы государства как собственника недр, обеспечивать заинтересованность со стороны частных компаний, создать условия для эффективной работы системы недропользования с целью оптимизации чистого дисконтированного дохода предприятия

В качестве альтернативы для этих двух налогов в России применяется налоговый режим на условиях соглашений о разделе продукции (СРП).

Российская модель СРП является логическим продолжением экономической методики комплексной оценки нефтяных и нефтегазовых месторождений при действующем налогообложении [6]. Для оценки вариантов был сохранен подход, где основными критериями оценки вариантов являются величина потока денежной наличности, чистый дисконтированный доход инвестора, доход государства и прибыльная продукция.

Под прибыльной продукцией понимается разница между выручкой от реализации продукции на внутреннем и внешнем рынках за вычетом той части, которая идет на уплату налога на добычу, и величины компенсационной продукции на покрытие необходимых затрат инвестору. Прибыльная продукция подлежит распределению между инвестором и государством. При этом предлагается производить долевое распределение этого показателя. Расчет прибыльной продукции ($Пп_t$) производится по следующей формуле:

$$Пп_t = В_t – Ндоб_t – Кп_t, \quad (1)$$

где $В_t$ – выручка от реализации продукции; $Ндоб_t$ – налог на добычу полезных ископаемых; $Кп_t$ – величина компенсационной продукции.

Величина чистого дохода (ЧДt) включает долю прибыльной продукции инвестора за вычетом разницы ($П_t$) между компенсационной продукцией и необходимыми затратами ($З_t$) и налога на прибыль ($Нпр_t$), взятого от величины прибыльной продукции инвестора. Расчет критерия производится по следующей зависимости:

$$ЧДt_t = А_1Пп_t – П_t – З_t – Нпр_t, \quad (2)$$

где $А_1$ – доля инвестора.

Также для экономических исследований можно рассматривать СРП Ирака и Китая.

В Ираке модель СРП сходна с Российской за исключением компенсационных расходов, в состав которых входят только капитальные вложения. При этом эксплуатационные расходы компенсируются за счет прибыльной продукции государства [6].

В Китае недропользование базируется на законодательстве, в основу которого положена модифицированная «индонезийская» модель СРП [6].

Условия реализации контрактов сходны с моделью Российского СРП. Однако ставка роялти варьируется от 0 до 12,5% в зависимости от уровня добычи. Расчет роялти по скользящей шкале фактически служит целям изъятия у производителя части ресурсной ренты и позволяет снизить регрессивность такого налога. Величина компенсационной нефти не превышает 62,5%. Прибыльная нефть государства, как и роялти, исчисляется по скользящей шкале в зависимости от уровня добычи. При этом доля государственного участия может достигать 51%. Налог на прибыль принимается в размере 33%.

В настоящее время в одном из нефтедобывающих районов Пермского края высокопродуктивные месторождения вступили в стадию падающей динамики добычи. В этих условиях дальнейшее приращение ресурсов и промышленное освоение запасов будет осуществляться за счет разработки небольших залежей с трудноизвлекаемыми

РИС. 1. Динамика добычи нефти и жидкости по Ольховскому месторождению начиная с 2022 г.

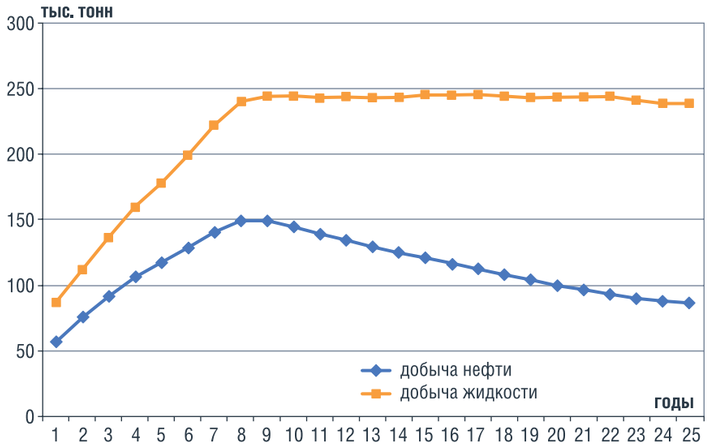


ТАБЛИЦА 1. Основные технологические показатели по разработке Ольховского месторождения

Фонд добывающих скважин (шт.)	93
Фонд нагнетательных скважин (шт.)	31
Срок разработки (лет)	25
Добыча нефти (тыс. т)	3133
Добыча газа (млн м^3)	493

(«дорогими») запасами в сложных природно-геологических условиях. А также за счет добычи из обводненных скважин с преждевременным падением нефтеотдачи по невыработанным остаточным запасам при значительном росте затрат и снижении эффективности эксплуатации [7, 8].

Таким образом, необходимость в комплексном экономико-информационном подходе, включающем вопросы проведения и использования результатов экономической оценки эффективности разработки нефтегазовых месторождений на поздней стадии освоения, в настоящее время является особенно актуальной.

Разработанная в ИПНГ РАН методика комплексной экономической оценки освоения нефтегазовых месторождений послужила основой для проведения расчетов основных экономических показателей по этому месторождению [6].

С учетом вышесказанного рассмотрим проект разработки Ольховского нефтяного месторождения, которое относится к «старым» разрабатываемым месторождениям, освоение которого было начато с конца 60-х годов прошлого столетия.

В административном отношении оно расположено в восточной части Добрянского района Пермского края. В соответствии с действующей классификацией многопластовое Ольховское месторождение по величине начальных извлекаемых запасов относится к категории «средних» со сложным геологическим строением. В геологическом отношении месторождение достаточно изучено. Его дальнейшее освоение осуществляется в соответствии с действующим проектным документом «Дополнение к технологической схеме разработки Ольховского месторождения» (протокол ЦКР Роснедра № 5822 от 12.12.2013 г.) [17].

На 01.01.2022 г. по месторождению добыто 11 481 тыс. т нефти и 13 858 тыс. т жидкости.

Динамика добычи нефти и жидкости начиная с 2022 года показана на рисунке 1.

Основные технологические показатели по разработке месторождения показаны в таблице 1.

На основе динамики технологических показателей была проведена экономическая оценка освоения Ольховского месторождения с применением различных налоговых механизмов с целью выбора оптимальных вариантов начиная с 2022 года. Цены и затраты были приняты на начало этого года.

В данном исследовании при экономической оценке эффективности освоения Ольховского месторождения были применены специальные налоговые режимы как инструменты для формирования наиболее эффективных вариантов разработки этого месторождения (рис. 2).

В первом варианте был применен налог на добычу полезных ископаемых (НДПИ).

Во втором варианте в соответствии с Налоговым кодексом и законом «О Недрах» был осуществлен переход от взимания НДПИ к взиманию налога на дополнительный доход (НДД) при выработке запасов больше 80%. Такой подход назовем налоговым маневром.

В третьем варианте НДПИ был полностью исключен, а НДД был применен с начала расчетного периода.

В следующих трех вариантах были применены специальные налоговые режимы соглашений о разделе продукции (СРП) России, Ирака и Китая как инструментов для формирования наиболее эффективного варианта [5].

Результаты расчетов показали следующее (рисунки 2, 3).

Первый вариант является экономически нерентабельным, где значение ЧДД показывает отрицательное значение.

Второй вариант, где применен налоговый маневр, находится на грани экономической рентабельности.

Третий вариант, где применен НДД, показал высокий экономический эффект с высокой степенью рентабельности.

Четвертый вариант также показал высокий экономический эффект.

РИС. 2. Значение ЧДД по варианту освоения Ольховского месторождения с учетом различных налоговых механизмов

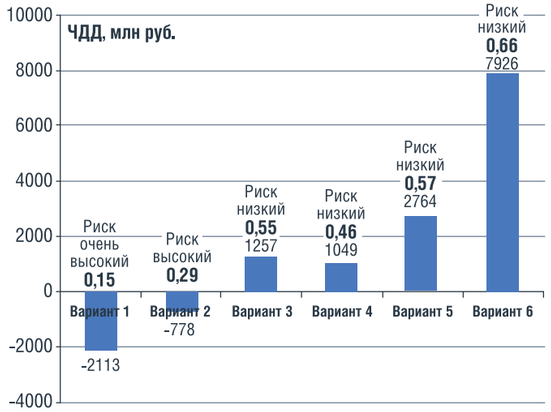
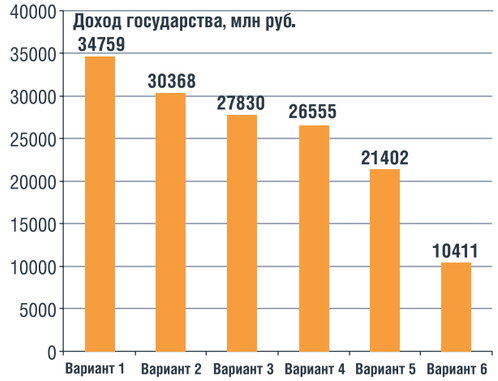


РИС. 3. Значение дохода государства по варианту освоения Ольховского месторождения с учетом различных налоговых механизмов



При этом значения ЧДД и внутренней нормы рентабельности практически совпадают со значениями третьего варианта. Значения дохода государства по этим вариантам также практически совпадают.

Пятый вариант показывает высокий экономический эффект, при этом величина ЧДД в два раза выше, чем в третьем и четвертом варианте, при незначительном снижении дохода государства.

Шестой вариант показывает максимальное значение ЧДД, однако значение дохода государства в два раза ниже, чем в предыдущих рентабельных вариантах. Данную налоговую модель рекомендуется применять, если применение предыдущих налоговых моделей дает отрицательный экономический эффект.

Оценка экономических рисков по месторождению была проведена по разработанным моделям в ИПНГ РАН. Модели предусматривают процентное изменение регулирующих параметров при оценке проекта, а именно: процентное изменение добычи природных углеводородов, цены на нефть, капитальных и эксплуатационных затрат. Уровень риска рассчитывается на основе минимаксного критерия, который позволяет нормировать значения чистого дисконтированного дохода на интервале от 0 до 1. На основе опыта экспертов, проводящих оценку по этим моделям, была составлена шкала уровней рисков, которые характеризуют устойчивость вариантов (таблица 2).

Результаты оценки экономических рисков с применением различных налоговых моделей показаны на рисунке 2, из которого следует, что хорошая устойчивость проекта разработки рассматриваемого месторождения наблюдается, начиная с третьего варианта.

Таким образом на основе результатов анализа экономической эффективности доразработки Ольховского месторождения установлено:

- при действующем налоговом режиме с применением НДПИ эксплуатация месторождения нерентабельна;
- при налоговом маневре эксплуатация месторождения находится на грани экономической рентабельности;
- действующий в РФ налоговый режим с применением налога на дополнительный доход (НДД) или использование СРП России и Ирака значительно повышает эффективность доразработки месторождения, что позволяет согласовать интересы инвестора и государства;
- налоговую модель Китая рекомендуется применять, если применение предыдущих налоговых моделей дает отрицательный экономический эффект. ●

ТАБЛИЦА 2. Шкала показателей риска

$К_{риск}$, д.ед.	Больше 0,4	От 0,3 до 0,4	От 0,2 до 0,3	Меньше 0,2
Степень риска	Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая

Литература

1. *ФЗ РФ от 21.02.1992 г. № 2395-1 «О недрах» (редакция от 1.04.2022 г.) [Электронный ресурс] URL:https://legalacts.ru/doc/zakon-rf-ot-21021992-n-2395-1-o/ (дата обращения: 2022.03.11).*
2. *Налоговый кодекс Российской Федерации. Части первая и вторая: текст с посл. изм. и доп. на 1 февраля 2022 г. [Электронный ресурс]. URL:https://nalog.garant.ru/fns/nk (дата обращения: 2022.03.11).*
3. *Закон о включении в периметр НДД 86 участков недр (редакция от 28.06.2022 г.) [Электронный ресурс] https://1prime.ru/energy/20220628/837319563.html?ysclid=l5tk82prmar863095743.*
4. *Горкин Г.М., Царегородцева Т.М. // Журнал «Недропользование 21 в.». – 2021. – № 5–6. – С. 22–25.*
4. *Пономарева И.А, Богаткина Ю.Г. Совершенствование нормативно-налоговой системы для повышения эффективности разработки нефтяных месторождений // ВНИИОЭНГ, Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом, № 1, 2014, с. 6–9.*
6. *Богаткина Ю.Г. Оценка эффективности инвестиционных проектов в нефтегазовой отрасли с использованием механизмов автоматизированного моделирования. – М.: Макс-Пресс, 2020. – 248 с.*
7. *Газизов А.А. Увеличение нефтеотдачи неоднородных пластов на поздней стадии разработки – М.: Недра-Бизнесцентр, 2002. – 639 с.*
8. *Мищенко И.Т. Трудноизвлекаемые запасы и осложнения при разработке и эксплуатации месторождений углеводородов. – М.: Изд-во РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2015. – 138 с.*

KEYWORDS: *hydrocarbon deposits, technical and economic efficiency, profitability of reserves development, net discounted income, tax regime, tax maneuver.*

Драгоценный сувенир или сертифицированный бриллиант?

Выбираем подарок, который войдет в историю деловых отношений

Правильно выбрать и красиво преподнести подарок – настоящее искусство. Овладеть им – значит получить возможность перевести отношения с партнерами на качественно новый уровень. Совместно с ювелирным домом CHAMOVSKIKH представляем обзор подарков, соответствующих деловому этикету

Ювелирные аксессуары с корпоративной символикой. Нагрудный знак, выполненный из драгоценных материалов, зажим для галстука или запонки с айдентикой компании – беспроигрышный вариант премиального подарка для топ-менеджмента и партнеров. Ювелирный дом CHAMOVSKIKH разрабатывает их в четком соответствии с фирменным стилем и философией бренда заказчика. В производстве используются драгоценные металлы и камни превосходных характеристик.

Настольные скульптуры помогут транслировать ваш месседж на невербальном уровне. Величественный «Львиный прайд», целеустремленный «Тигр» или настойчивый «Бык» будут для адресата поздравлением со смыслом.

Статуэтки с символом 2023 года. В преддверии новогодних праздников ювелиры создали лимитированную серию скульптур с символом наступающего года. Импозантный «Кролик с тростью» словно сошел с книжной страницы. В характере драгоценного персонажа гармонично сочетаются мудрость и житейская смекалка. Выразительные глаза, инкрустированные коньячными бриллиантами, с оптимизмом смотрят на мир, полный блестящих возможностей. Манеры истинного аристократа передают щегольской сюртук, лорнет и элегантная трость, покрытые чистым золотом. Завершает образ парадный бант, украшенный природным сапфиром.

Кролики также стали героями ювелирной композиции «Семейство». Заботливый папа, ласковая мама и их очаровательный голубоглазый малыш дополняют друг друга, создавая вокруг себя пространство гармонии и любви. Тщательная проработка каждой детали позволила в точности передать фактуру пушистого меха, плавные изгибы и пластику фигур.

Ювелирные боксы – универсальный подарок, а при выборе камня инвестиционного уровня – еще и перспективное вложение средств. Бриллианты в ювелирных боксах от CHAMOVSKIKH отличаются исключительными характеристиками: цвет D-F, чистота IF-VVS. Камни имеют сертификаты наиболее авторитетных международных лабораторий GIA и HRD.

Сертификат на покупку или изготовление драгоценности по индивидуальному эскизу даст возможность адресату максимально раскрыть творческий потенциал, а собственное производство полного цикла CHAMOVSKIKH – воплотить в драгоценных материалах самую заветную ювелирную мечту.

Выбрать варианты драгоценных подарков можно на сайте chamovskikh.com, а также в фирменных салонах CHAMOVSKIKH

От Азии до Средиземноморья:
новые тематические бранчи Гранд Отеля Европа

Гранд Отель Европа открыл осенний гастрономический сезон с яркого новшества: гостей ждут тематические бранчи, посвященные колоритным национальным кухням

Признанный законодатель мод среди воскресных бранчей, Гранд Отель Европа выступил основоположником этого жанра в Петербурге еще три десятилетия назад. Впервые под элегантными мозаичными сводами исторического зала ресторана «Европа» бранч был устроен в 1993 году и немедленно снискал признание ценителей гастрономии. Эпитет «грандиозный» в отношении этого события не станет преувеличением: под покровительственным взглядом витражного «Аполлона на колеснице» происходит настоящее пиршество – взгляду открывается впечатляющий буфет длиной в 30 метров. Изобилие этого стола достойно кисти голландских мастеров натюрморта: горячие и холодные закуски, разнообразные салаты, икра, морепродукты и фаршированная стерлядь, мясные деликатесы и ассорти сыров – в меню бранча около 80 деликатесов русской, европейской и азиатской кухни.

Недавно палитру воскресных бранчей дополнили тематические, вдохновленные традициями гастрономии Азии и Средиземноморья.

Королева азиатского бранча – утка по-пекински с блинчиками, соусом из сливы и овощами, которую повар сервирует с тележки, курсируя между столиками. Специально к бранчу в пекарне отеля выпекают традиционный индийский хлеб нан и пападам. На вок-станции, расположенной прямо в зале, повар готовит курицу в кисло-сладком соусе, осьминога и креветки в соусе абалон. Колорита азиатской гастрономической феерии добавляют морские ежи с панна коттой из соевого молока и морские гребешки, которые подаются в красивых ракушках на морском песке.

Коллекция из шести разноцветных дим-самов радует и глаза, и вкусовые рецепторы.

Цвет тесту придает разноцветный чай матча, который добавляют в тесто при замешивании. Розовая матча получается из свеклы, оранжевая – из ягод годжи, желтая – из тыквы, а синяя – из чая анчан. Таким образом, в основе жизнерадостной цветовой гаммы – исключительно ингредиенты природного, растительного происхождения.

Статус самого зрелищного блюда бранча в средиземноморском стиле по праву принадлежит спагетти с сырным соусом. Повар сервирует блюдо прямо из огромной головы сыра пармезан. В качестве аккомпанемента к трапезе на этом бранче можно заказать просекко, а в числе самых привлекательных позиций стоит отметить артишоки по-провансальски, салат нисуаз с тунцом, фуа-гра с чатни из персика, карпаччо из говядины.

Особую радость сладкоежкам доставит станция с итальянским джелато, а гурманы оценят традиционные десерты.

Расписание осенних тематических бранчей сезона 2022 года:

16 октября – воскресный бранч.
30 октября – воскресный паназиатский бранч.
13 ноября – воскресный бранч.
27 ноября – воскресный средиземноморский бранч.
11 декабря – воскресный бранч.
18 декабря – рождественский бранч.
25 декабря – рождественский бранч.
1 января 2023 года – Новогодний бранч.

Гранд Отель Европа, открытый в 1875 году, – старейшая гостиница класса люкс в Санкт-Петербурге, расположенная в самом сердце города, на углу Невского проспекта и Михайловской улицы. Здание отеля с пышным фасадом в стиле нео-барокко является памятником архитектуры.

О ЧЕМ ПИСАЛ Neftegaz.RU 10 ЛЕТ НАЗАД…

Китай вплотную подобрался к тройке мировых лидеров по добыче нефти

В начале ноября 2012 г. Министерство земельных и природных ресурсов КНР опубликовало данные, согласно которым в 2011 г. в Китае было добыто 203 млн т нефти, что вывело страну на 4 место в мире. В последние годы быстро повысилась зависимость Китая от импорта нефти и газа, которая в 2011 г. достигла 56 %.

• Комментарий Neftegaz.RU

В первом полугодии 2022 г. Китай увеличил добычу нефти на 4 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, добыв 102,88 млн тонн нефти. А закупки нефти у России вышли на рекордный уровень, составив 1,98 млн барр./сутки. Зависимость Китая от импортных углеводородов, конечно, существенна, но основным фактором послужила крайне низкая цена, по которой Россия продавала углеводороды странам АТР.

Министр энергетики указал на еще одну очень важную проблему на шельфе

А. Новак 8 ноября 2012 г. заявил, что до 2030 г. планируется выйти на объем добычи на шельфе до 100 млн т нефти и 200 млрд м^3 газа, общая потребность в судах и платформах составит 1400 единиц. Важно обратить внимание на то, что эти платформы и суда должны оборудоваться российским оборудованием.

• Комментарий Neftegaz.RU

В апреле Минэнерго РФ заявило о невозможности активной добычи нефти на шельфе до 2035 г. Оптимистичный сценарий развития нефтяной отрасли предполагает, что к 2035 г. добыча на шельфе снизится в два раза, до 15 млн т, согласно базовому сценарию – в три раза, до 9 млн т в сравнении с уровнем 2021 г. Соответственно, снижается и количество необходимых единиц техники. Однако возрастает роль транспортных судов, которые будут задействованы в перевозках нефти в страны АТР по СМП. Так, российские верфи получили заказы на более чем 1 тыс. судов до 2035 г. Объем инвестиций – 5,5 трлн руб. Для ТЭК строится 32 судна, в том числе 15 танкеров-газовозов для проекта «Арктик СПГ», 10 танкеров-челноков ледового класса для проекта «Восток ойл», 6 газовозов и один танкер для НОВАТЭКа, а также аварийно-спасательные суда

М. Ромни и Б. Обама поддерживают будущий экспорт СПГ из США. Это может расстроить планы Газпрома в отношении поставок газа в страны АТР

Независимо от исхода выборов, экспорт СПГ из США неотвратим. Это может расстроить планы Газпрома в отношении поставок газа в страны АТР. Успехи на рынке АТР могли бы компенсировать Газпрому потери от контрактов в Европе. В первом полугодии 2012 г. прибыль Газпрома снизилась на 34 %. По мнению экспертов, компании следует уделить большее внимание развитию восточного направления. Однако Газпром упорно продолжает развивать менее эффективное западное.

• Комментарий Neftegaz.RU

Эксперты были правы. Изменение цепочек поставок в 2022 г. создали дефицит газа в Европе. В течение 3 лет анонсирован рост производства СПГ на 150 млн т, при этом 70 % от общего объема приходится на США. 10 % всего добываемого природного газа в Соединенных Штатах перерабатывается в СПГ. Рост поставок СПГ в Европу привел к тому, что регазификационных мощностей стало экстренно не хватать, танкеры-газовозы по несколько суток стоят у СПГ-терминалов в ожидании разгрузки, некоторые просто используются для хранения. ●

Нейросеть повышает прибыль нефтяных компаний

УЧЕНЫЕ ПЕРМСКОГО ПОЛИТЕХА, ИСПОЛЬЗУЯ АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕЙ И АНАЛИТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ, усовершенствовали автоматизированное управление технологическим процессом подготовки нефти, чтобы снизить затраты на производство и улучшить качество готового продукта. Алгоритм основан на аналитических моделях технологических процессов, принципе оптимальности Беллмана для многостадийных производств и искусственных нейронных сетях. В результате оптимальные режимы работы установки определяются в зависимости от состава и свойств нефтяной эмульсии. Ученые определили управляющие параметры для основных процессов: сепарации, обезвоживания и нагрева нефтяной эмульсии, разработали аналитические модели технологических процессов и подготовили обучающие выборки для нейронных сетей. Их применение позволяет определить оптимальные значения параметров технологического режима и сократить затраты на подготовку нефти на 15 %.

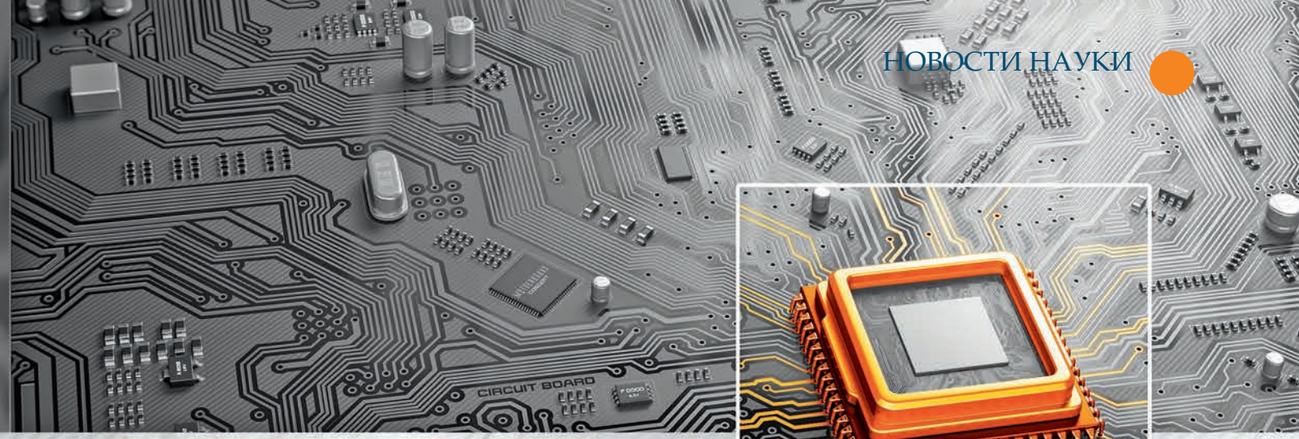
Прозрачный и сверхпрочный

УЧЕНЫЕ ХИМИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ННГУ, ИНСТИТУТА ХИМИИ ВЫСОКОЧИСТЫХ ВЕЩЕСТВ РАН И ИНСТИТУТА ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ РАН РАЗРАБОТАЛИ ПРОЗРАЧНЫЙ И СВЕРХПРОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ – композит оксидов магния и иттрия ($MgO-Y_2O_3$), открывающий новые возможности для производства авиационных и космических аппаратов, работающих при интенсивных тепловых и механических нагрузках. Для получения прозрачной в ИК-спектре композитной керамики ученые впервые использовали метод микроволнового спекания. Технология обеспечивает нагрев со скоростью более 100 °С в минуту, а отсутствие нагревательных элементов позволяет получать чистые материалы и изменять атмосферу спекания. Преимущества СВЧ-нагрева позволят масштабировать технологию производства при получении крупногабаритных изделий. Сложность получения ИК-прозрачных композитов связана с особенностями их микроструктуры. Зерна, из которых состоит композит, должны быть в 10 – 20 раз меньше длины волны ИК-излучения. Нужные соотношения ученые получили на высокотехнологичных СВЧ-генераторах.

Контроль температуры сбережет оборудование для нефтедобычи

СРЕДИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МОЖНО НАЗВАТЬ «ХОЛОДНЫЙ ПОТОК», предполагающий охлаждение нефти до температуры, препятствующей образованию парафиновых отложений на поверхностях оборудования. Для этого необходимо оценить изменение вязкости нефти в разных температурных условиях.

Ученые Пермского Политеха провели ряд исследований и выяснили, что температура нефти превышает температуру начала кристаллизации отложений, ее вязкость падает за счет выделения из нефти тяжелых компонентов и их оседании на стенках экспериментальной установки, а это приводит к росту давления в трубах. При температуре 25 °С полученные значения вязкости в начале и конце исследования аналогичны, а при температуре ниже 20 °С свойства нефти ухудшаются. Ученые доказали, что образование органических отложений способно изменять вязкость нефти, что оказывает влияние на параметры ее течения.



Магнитная память – продукт спин-орбитроники

ГРУППА УЧЕНЫХ ИЗ РОССИИ (ДВФУ) И КИТАЯ (ИНСТИТУТ ФИЗИКИ КИТАЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК), ЗАНИМАЮЩИХСЯ ИССЛЕДОВАНИЯМИ В ОБЛАСТИ СПИН-ОРБИТРОНИКИ, РАЗРАБОТАЛА ПРОТОТИП ЭЛЕМЕНТА МАГНИТНОЙ ПАМЯТИ. Исследователи нашли способ управлять ориентацией спина электронов – параметров наклона и вращения частиц в присутствии магнитного поля. Магнитная память может в будущем дополнить или заменить полупроводниковые технологии, создавать более эффективную память для компьютеров и смартфонов, при этом устройства смогут неделями работать без подзарядки. Если в обычной микроэлектронике главным носителем информации является электрон, то в спин-орбитронике – магнитные свойства электрона, или его спин, который можно сравнить с вращением механического волчка, стремящегося сохранить состояние равновесия. Вращение по часовой либо против часовой стрелки определяет направление спина – вверх или вниз. Эти показатели служат в спин-орбитронике аналогом нулевого бита либо единицы, которые кодируют информацию на запоминающих устройствах.

Чтобы записать данные на магнитный носитель, нужно изменить намагниченность материала или направление спинов электронов. Сделать это можно, используя магнитное поле, оптическое излучение или электрический ток. Такой способ передачи и сохранения информации требует намного меньше энергии, чем традиционная электроника.

В своей новой работе ученые использовали возможность формирования многослойных магнитных пленок в присутствии внешнего магнитного поля. Это привело к тому, что спины электронов в слоях магнитных пленок приобретают наклон относительно нормали к плоскости образца. Такой способ управления ориентацией спина позволяет эффективно переключать биты с информацией, хранить и обрабатывать ее при помощи токовых импульсов, не используя внешнее магнитное поле.

Водоворотная станция

УЧЕНЫЕ РАЕН РАЗРАБОТАЛИ ПЕРВЫЙ В РОССИИ ПРОЕКТ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДОВОРОТНОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ БЕЗ НАРУШЕНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ. Суть разработки в том, что вода направляется с гор в воронку и спускается по принципу водоворота вниз. прокручиваясь по специальному желобу и вырабатывая электроэнергию. Идеально для реализации проекта подходит территория Республики Алтай. Плотина представляет собой бетонный цилиндр, к которому вода подходит, опускаясь в глубину. В результате в центре цилиндра образуется водоворот, который и закручивает турбину. В мире такие системы существуют только в Австрии. В числе преимуществ проекта перемешивание в водовороте загрязнителей и хорошая аэрация воды, что способствует работе микроорганизмов, очищающих ее. Кроме того, технология способствует терморегуляции в водоеме.

Сквозь воду и землю

СПЕЦИАЛИСТЫ СТРУКТУРЫ «РОСТЕХА» И УЧЕНЫЕ ИНСТИТУТА ФИЗИКИ ИМ. Л.В. КИРЕНСКОГО СО РАН РАЗРАБОТАЛИ СИСТЕМУ МАГНИТНОЙ СВЯЗИ, благодаря которой можно поддерживать непрерывную связь на подводных и подземных объектах. Такие технологии будут востребованы у шахтеров и подводников. Высокочувствительный широкополосный датчик слабых магнитных полей позволяет «обойти» любые препятствия: стены зданий, воду, почву, он обладает высокой чувствительностью и способен регистрировать переменные магнитные поля с частотой от долей Гц до 1 МГц. Разработка может обеспечить стабильную голосовую связь, например в шахтах, на глубине 200–300 м. Принцип связи на основе магнитных полей в соленой воде или почвах известен давно, но его коммерциализация на основе современных технологий – новшество.

Посетители ПМГФ-2022

Стенд компании Газбалтпром на ПМГФ-2022

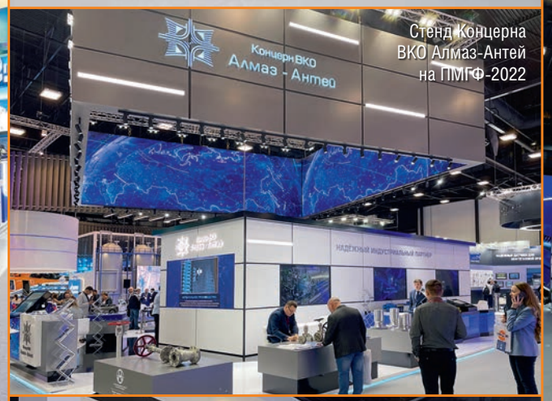
Стенд компании Техноавиа на ПМГФ-2022

ПМГФ-2022

Стенд компании Газпромбанк на ПМГФ-2022

Стенд компании Варк на ПМГФ-2022

Стенд компании Космос. Нефть. Газ. на ПМГФ-2022



Стенд Концерна ВКО Алмаз-Антей на ПМГФ-2022

Стенд компании Группа ГМС на ПМГФ-2022

Стенд Трубной металлургической компании на ПМГФ-2022

Стенд компании Intra на ПМГФ-2022

Участница ПМГФ-2022

Стенд Загорского трубного завода на ПМГФ-2022

Стенд компании Bunter Group на ПМГФ-2022

Стенд компании ОДК на ПМГФ-2022

Стенд компании РАРИТЭК на ПМГФ-2022

Участники ПМГФ-2022

Стенд компании KAMAZ на ПМГФ-2022

Стенд компании Прософт Системы на ПМГФ-2022

Стенд компании Газпром Авиа на ПМГФ-2022

Посетители ПМГФ-2022

А. Миллер

Наша валюта – наши правила

Х. аль-Гайс

Мы не контролируем цены на нефть

У. фон дер Ляйен

Промышленность России в руинах

Л. Михельсон

По месторождениям все что-то никак, только про моржей и медведей (*о сотрудничестве с Газпромом – ред.*)

А. Новак

Мы не хотим высоких цен на газ, потому что возобновляемые источники энергии могут начать использовать быстрее

Н. Комарова

Сценариев развития нефтегазовой отрасли очень много – от катастрофического падения до сохранения и даже роста объемов добычи

Н. Шульгинов

Сейчас задача – обеспечить текущие планы, в т.ч. адаптационные, под это инвестиции будут

П. Санчес

Испания может стать газовым хабом для Европы

П. Сорокин

Нам надо думать о том, куда они будут сбывать продукцию (*о 30 новых СПГ-заводах – ред.*)

СПГ конгресс 2023 РОССИЯ

IX Ежегодный конгресс и выставка

Организатор: VOSTOCK CAPITAL — 20 лет успеха —

+7 (495) 109 9 509 (Москва)
events@vostockcapital.com

Престижная и единственная площадка для руководителей крупно-, средне- и малотоннажных СПГ-заводов

15–16 марта, Москва

www.lngrussiacongress.com

Ключевые моменты конгресса:

250+ УЧАСТНИКОВ, среди которых руководители предприятий в СПГ-индустрии и представители проектов по производству водорода в России, а также инициаторы инвестиционных проектов, компании-разработчики и производители оборудования и технологий для предприятий, российские и международные инвесторы

30+ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ, среди которых крупнейшие мегапроекты по СПГ, проекты по средне- и малотоннажным СПГ-заводам, проекты по производству водорода

40+ ДОКЛАДЧИКОВ И УЧАСТНИКОВ ДИСКУССИЙ: представители проектов, регуляторные органы, эксперты отрасли. Экспертные мнения по вопросам развития СПГ-индустрии в России и перспективам водородной энергетики в актуальной повестке

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СПГ: актуальные запросы бизнеса и предложения производителей

МАЛОТОННАЖНЫЕ СПГ-ПРОЕКТЫ В РОССИИ. Расширение внутреннего рынка сжиженного газа

НОВОЕ! АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ: метан, водород, углерод. Перспективы развития проектов в новых реалиях

АКТУАЛЬНО! ТЕХНОЛОГИИ СЖИЖЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ КРИОГЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. Представление опытных образцов и результатов успешных испытаний

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИМЕЮЩИХСЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ СПГ. Инжиниринг и реинжиниринг. Разбор кейсов

БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ объектов СПГ на всех производственных этапах: добыча, производство, хранение, логистика

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА технических, технологических и сервисных решений от лидеров отрасли

30+ ЧАСОВ ДЕЛОВОГО И НЕФОРМАЛЬНОГО ОБЩЕНИЯ! Встречи один на один, деловые обеды, кофе-брейки, приветственный коктейль для всех участников и многое другое.

РЕКЛАМА

HIGH LIFE
ЛЕТНИКОВСКАЯ 11

РЕКЛАМА

IT'S HIGH LIFE

30% — СЕЙЧАС, 1-Й ПЛАТЕЖ — ЧЕРЕЗ ГОД*

Первым шагом на пути создания новой городской легенды стал HIGH LIFE Летниковская 11 от компании «Пионер». Устремленные ввысь и искрящиеся на солнце башни из стекла и бетона создают образ лаконичной и прогрессивной архитектуры. Квартиры на набережной с видовыми эркерами и невероятными видами, словно бросают вызов всему привычному.

ДОМ РФ | ФИНАНСИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА
АО «Банк ДОМ.РФ»

HIGHLIFE.RU

PIONEER

ЗАСТРОЙЩИК АО «СЗ ЛАЙФ ПАВЕЛЕЦКАЯ». ПРОЕКТНАЯ ДЕКЛАРАЦИЯ НА САЙТЕ НАШ.ДОМ.РФ *ВЫСШЕЕ ОБЩЕСТВО. ЭТО СВЕТСКАЯ ЖИЗНЬ. КРЕДИТ ПРЕДОСТАВЛЯЕТ ПАО СБЕРБАНК. ПОДРОБНОСТИ – HIGHLIFE.RU 0+