



МОРСКАЯ НАУКА И ТЕХНИКА

MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ - СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК №5 - ЧАСТЬ 1

**МОРСКАЯ ДОКТРИНА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ:
«Эффективное функционирование и развитие
морских трубопроводных систем по транспортировке
углеводородного сырья, в том числе добытого на
континентальном шельфе Российской Федерации, имеет
стратегическое значение для обеспечения внутреннего
потребления и развития внешнеэкономической
деятельности Российской Федерации...»**



БЕЗОПАСНОСТЬ МОРСКИХ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ



ГРУППА КОМПАНИЙ НефтеГазДиагностика

комплексные решения в области промышленной безопасности



БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ МОРСКОЙ ИНДУСТРИИ



ВНУТРИТРУБНАЯ ДИАГНОСТИКА
НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ



ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ
И ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ ОПАСНЫХ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ



РЕМОНТ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СУДОВ



РЕМОНТ МОРСКИХ
ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ



ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ



РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
ДОКУМЕНТАЦИИ, РЕГЛАМЕНТОВ И СТАНДАРТОВ



РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО РЕШЕНИЙ
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ

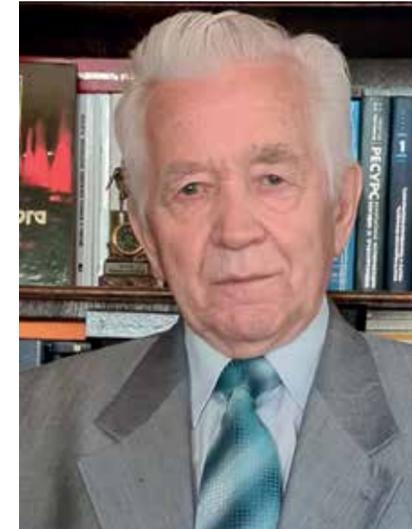


ГЕОДЕЗИЯ И КАРТОГРАФИЯ

Наши представительства находятся в г. Пермь, о. Сахалин и в странах Казахстан, Латвия, Индия и Алжир. Долгосрочное партнёрство представлено компаниями Лукойл, Роснефть, Сибур, Новатэк, Газпром, Газпромнефть, Газпром-добыча шельф», КазтрансОйл, КазмунайГаз, Узтрансгаз, ВьетСовПетро EXXON, Saudi Aramco, Oceaneering, Bumi Armada, Saipem, Rosen, Nord Stream и Nord Stream2. Все необходимые сертификаты и признания Ростехнадзора, РМРС, Exxon Mobil Corporation обеспечивают оперативное и инновационное решение поставленных технических задач.



105066, г. Москва, ул. Нижняя Красносельская, д.40/12, к.4Б, оф.201
Тел./факс: +7 (495) 781-59-17, Телефон: +7 (495) 781-59-18, Email: info@ntcngd.com
<https://ntcngd.com/>



МОРСКАЯ НАУКА И ТЕХНИКА

Николай Андреевич Махутов, член-корреспондент РАН, председатель Комиссии РАН по техногенной безопасности, президент научно-промышленного союза «РИСКОМ»

Дорогие авторы и читатели,
научно-технического журнала
«МОРСКАЯ НАУКА И ТЕХНИКА»!

Вашему вниманию представляется новый научно-технический издательский проект, который определен как **основной информационный ресурс Экспертного совета по безопасности морских подводных трубопроводов – научно-технический журнал «МОРСКАЯ НАУКА И ТЕХНИКА».**

Поздравляя редакцию и уже сформировавшуюся читательскую аудиторию с началом издания новой серии журнала, основная тема которой - безопасность при строительстве, эксплуатации и ликвидации морских подводных трубопроводов, **желаю и в дальнейшем достойно трудиться на благо российской науки и нашей отечественной морской индустрии.**

Наш журнал специализируется на публикации информационных и аналитических материалов по морской технике, инновационным технологиям в индустрии морских исследований, судостроительной промышленности и обеспечении безопасности промышленных объектов.

Особое внимание уделяется **безопасности трубопроводных систем и технологиям освоения углеводородных ресурсов континентальных шельфов.**

Предлагаемое издание данного специального тематического выпуска журнала посвящено научно-техническим аспектам безопасности морских подводных трубопроводов.

Опубликовано более двадцати статей, представляющих данную тему. От фундаментальных научных изысканий, до примеров практических решений по строительству, диагностике и эксплуатации морских подводных трубопроводных систем.

Все работы характеризуются научной новизной, актуальностью и блестящими инженерными решениями.

Отрадно, что среди авторов нашего журнала есть молодые начинающие исследователи, которые на страницах своих статей делятся с научным миром результатами проделанных изысканий. Авторами части публикаций стали ученые, уже достигшие определенных успехов на научной ниве, преподаватели вузов и эксперты в области профильных отраслей морской науки. Всех их объединяет стремление донести результаты своих исследований мировому морскому научному и техническому сообществу.

Особое внимание уделено разрабатываемым и действующим технологиям в освоении морских и непосредственно арктических шельфов, а также безопасности их транспортной концепции.

Журнал позиционируется как научно-технический аналитический сборник - альманах с целью обеспечения необходимой производственной, инженерной и научной информацией многоцелевое сообщество морской индустрии России, а также зарубежных партнеров.

Сегодня перед нашим журналом стоят амбициозные задачи, направленные на развитие современного познания процессов безопасного взаимодействия людей и морской среды, и в этом мы придаем значимость международному научному сотрудничеству с использованием последних достижений в области информационных технологий. Наш журнал открыт для интеллектуальных дискуссий и обмена мнениями по широкому кругу научных и технических вопросов.

Выражаю коллективу редакции, редакционной коллегии, авторам специального тематического номера искреннюю признательность за проявленный интерес и активное участие в развитии журнала с самых первых шагов его становления.

Приглашаю к еще более активному сотрудничеству всех коллег из регионов России, стран ближнего и дальнего зарубежья.

Желаю всем авторам и читателям журнала творческих успехов в научных исследованиях и новых свершений на ниве научных и технических познаний мирового океана!

«МОРСКАЯ НАУКА И ТЕХНИКА»
Научно - технический журнал,
специальный выпуск № 5
ноябрь-декабрь 2022 г.

Издаёт:
«Морское информационное агентство»
при участии научно - промышленного
союза «РИСКОМ»

Учредитель:
НТЦ «НЕФТЕГАЗДИАГНОСТИКА»
Per. № ПИ № ФС77-84232 от 22 ноября
2022 г.

Адрес редакции:
105066, г. Москва,
ул. Нижняя Красносельская, д.40/12
Тел./факс: +7 (495) 781-59-17

Телефон: +7 (495) 781-59-18,
+7 (989) 707-97-69
Email: morinform@marineorg.ru
www.marine.org.ru

6 Морская доктрина Российской Федерации



СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА:

- 6 - Морская доктрина Российской Федерации
- 9 - Правовая основа эксплуатации морских подводных трубопроводов в Российской Федерации
- 10 - Концептуальные основы безопасности подводных трубопроводов
- 12 - XII Международный форум «Арктика: настоящее и будущее»: развитие Арктики в условиях глобальных изменений
- 16 - Совещание экспертного совета по безопасности морских подводных трубопроводов
- 18 - Решение совещания межведомственной экспертной группы по безопасности морских подводных трубопроводов
- 20 - Концепция разработки нормативной базы обоснования безопасности морских подводных трубопроводов, как элемента гармонизации нормативно-методического обеспечения проектирования, строительства и эксплуатации трубопроводов
- 24 - К 95-летию Евгения Михайловича Морозова
- 26 - Перспективы строительства и эксплуатации морских трубопроводов на континентальном шельфе
- 28 - Государственная поддержка создания отечественной системы подводной добычи углеводородов
- 30 - Научно-промышленный союз «РИСКОМ»
- 32 - Проблемы безопасности морских подводных трубопроводов
- 38 - «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть»
- 42 - «Седов» – самый большой в мире парусник!
- 46 - Обоснование безопасности морских подводных трубопроводов по критериям прочности
- 50 - Барку «Крузенштерн» – 96 лет!
- 54 - Оценки допустимых дефектов в металле труб и сварных швах морских подводных трубопроводов
- 58 - Волго-Каспийский судоремонтный завод
- 60 - «Паллада» - самое быстроходное парусное судно в мире!
- 64 - Барьеры безопасности для арктических подводных трубопроводов
- 72 - Российский ледокольный флот: там, где климат суров
- 78 - Арктический рефрижераторный флот
- 82 - Северный морской путь - 90 лет в строю. Поздравляет Севастополь!

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Андрей Камшуков

ОТВЕТСТВЕННЫЙ

РЕДАКТОР

Александра Гужова

ШЕФ-РЕДАКТОР

Андрей Пашенко

Редакционная коллегия:
Махутов А.Н., Лещенко В.В.,
Лелихин А.М., Кот В.П.
и другие.

Материалы и иллюстрации:
Виктор Флусов, Анатолий Лелихин,
С.Марков, Анастасия Жданова,
Олег Круглов, Юрий Харченкр,
Александр Чехлов, Зайцев Вадим
и другие.

Особая благодарность
за активное участие в издании:
Лещенко В.В., Помылеву И.В.,
Лелихину А.М.

kremlin.ru, marine.org.ru,
government.ru, ntcngd.com,
minpromtorg.gov.ru, ria.ru, mintrans.ru,
morflot.ru, iz.ru, wikipedia.org, seaport.ru,
kchf.ru, shipbuilding.ru,
tass.ru, mil.ru, neftegaz.ru

Благодарим за содействие в издании
журнала:
Шмаль Г.И., Жилкину Е. А., Пашенко Т.А.,
Шурекова В.П., Кот В.П., Круглова О. Г.,
Саадулаева Х.С., Помылеву Т.М.,
Помылева В.А., Будрину О.А.,
Иноземцева В.В., Харченко Ю.А.,
Распертова С.П.

Отпечатано в типографии: Общество с
ограниченной ответственностью
«Типография «Печатных Дел Мастер»
г. Москва, 1-й Грайвороновский пр-д,
д.2, стр.10

Тираж 900 экземпляров
Цена договорная

Позиция редакции может не совпадать
с мнением авторов.

24 К 95-летию Евгения Михайловича Морозова



10 Концептуальные основы безопасности подводных трубопроводов



32 Проблемы безопасности морских подводных трубопроводов

26 Помылев Илья Перспективы строительства и эксплуатации морских трубопроводов на континентальном шельфе



58 Волго-Каспийский судоремонтный завод



УКАЗ

ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Об утверждении Морской доктрины Российской Федерации

В целях обеспечения реализации национальной морской политики Российской Федерации постановляю:

1. Утвердить прилагаемую Морскую доктрину Российской Федерации.
2. Признать утратившей силу Морскую доктрину Российской Федерации, утвержденную Президентом Российской Федерации 17 июня 2015 г. № Пр-1210.
3. Настоящий Указ вступает в силу со дня его подписания.



Президент
Российской Федерации В.Путин

Москва, Кремль
31 июля 2022 года
№ 512



2 100068 22969 1



МОРСКАЯ ДОКТРИНА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

К изучению предложены определенные целевые позиции, полностью доктрина размещена на портале marine.org.ru

Общие положения

1. Настоящая Доктрина является документом стратегического планирования, в котором отражена совокупность официальных взглядов на национальную морскую политику Российской Федерации и морскую деятельность Российской Федерации.

2. Правовую основу настоящей Доктрины составляют Конституция Российской Федерации, федеральные конституционные законы, федеральные законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации в сфере морской деятельности, а также общепризнанные принципы и нормы международного права, международные договоры Российской Федерации в сфере морской деятельности и использования ресурсов и пространств Мирового океана.

3. Настоящая Доктрина учитывает направления и целевые ориентиры, предусмотренные Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, указами Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 "О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года", от 21 июля 2020 г. № 474 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года", прогнозом научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года, конкретизирует и развивает основные положения Стратегии национальной безопасности Российской Федерации, Военной доктрины Российской Федерации и других документов стратегического планирования, связанных с морской деятельностью.

41. Перспектива истощения запасов минеральных и углеводородных ресурсов на суше предопределяет переориентацию поиска, разведки и добычи полезных ископаемых на континентальный шельф Российской Федерации, а в дальнейшем и на океанические склоны и ложе Мирового океана. С учетом этого фактора приоритетными направлениями освоения минеральных и углеводородных ресурсов Мирового океана являются:

1) изучение геологического строения и определение ресурсного потенциала континентального шельфа Российской Федерации путем измерения физических полей над океанским дном, картографирования, бурения, грузоподъемных работ со дна, осуществление государственного мониторинга геологической среды, наращивание за счет государственных и частных инвестиций объемов геолого-разведочных работ, в том числе связанных с освоением нетрадиционных источников энергетического сырья, таких как газовые гидраты и другие;

2) государственное регулирование разведки и добычи полезных ископаемых, в том числе топливно-энергетических и минерально-сырьевых ресурсов, на континентальном шельфе Российской Федерации и в других районах Мирового океана и государственный контроль в этой сфере с учетом необходимости обеспечения национальной безопасности Российской Федерации;

3) увеличение объемов геолого-разведочных работ и добычи углеводородных ресурсов на континентальном шельфе Российской Федерации, в том числе в Арктической зоне Российской Федерации, а также в российском секторе Каспийского моря;

4) устранение административных барьеров, препятствующих интенсивному и безопасному освоению морских природных ресурсов;

5) оказание поддержки российским предприятиям - экспортерам углеводородных ресурсов, добытых на морских месторождениях, обеспечение оптимального использования при транспортировке углеводородных ресурсов как трубопроводных систем (морских и наземных), так и морских судов (танкеров и газовозов);

6) опережающее развитие российской научно-технической базы, являющейся основой для разработки новых методов и средств поиска, разведки и добычи полезных ископаемых, в том числе современных отечественных технологий и оборудования для разведки и освоения глубоководных и арктических шельфовых месторождений, включая строительство морских платформ различного класса;

7) создание благоприятных условий, в том числе нормативно-правовых, в интересах интенсификации изучения, разведки и добычи минеральных ресурсов на участках международного района морского дна, закрепленных за Российской Федерацией;

8) выполнение обязательств по контрактам на разведку железомарганцевых конкреций, глубоководных полиметаллических сульфидов и кобальтоносных железомарганцевых корок, заключенным с Международным органом по морскому дну, учрежденным Конвенцией ООН по морскому праву (далее - Международный орган по морскому дну);

9) освоение инновационных технологий выработки электрической энергии с использованием приливо-отливных явлений, прибрежных приводных ветров и ветровых волн, температурного градиента воды, термальной энергии и течений, а также тепловой калорийности биомассы водорослей;

10) поиск, изучение и определение ресурсного потенциала новых участков дна Мирового океана для расширения минерально-сырьевой базы Российской Федерации.

Развитие морских трубопроводных систем

42. Эффективное функционирование и развитие морских трубопроводных систем по транспортировке углеводородного сырья, в том числе добытого на континентальном шельфе Российской Федерации, имеет стратегическое значение для обеспечения внутреннего потребления и развития внешнеэкономической деятельности Российской Федерации. С учетом этого фактора актуальными являются следующие приоритетные направления развития сети морских магистральных трубопроводов:

...

1) обеспечение эффективного функционирования и развития сети морских трубопроводов, отвечающих национальным интересам Российской Федерации, в том числе в целях снижения зависимости экспорта отечественных углеводородных ресурсов от надежности функционирования наземных трубопроводных систем, которые проходят по территориям других государств;

2) обеспечение независимости Российской Федерации в вопросах, касающихся прокладки морских трубопроводов в целях транспортировки углеводородных ресурсов в современных условиях;

.....

4) предотвращение антропогенных и техногенных катастроф путем осуществления государственного контроля (надзора) за проектированием, строительством и эксплуатацией морских трубопроводов, в том числе на основе развития и использования современных технических средств, включая роботизированные комплексы и системы;

5) защита окружающей среды от возможных негативных последствий строительства и эксплуатации морских трубопроводных систем, в том числе путем установления специальных норм, лицензионных условий и требований.

Морские научные исследования

4) модернизация существующих и строительство новых научно-исследовательских судов, отвечающих современным требованиям и масштабам задач, включая многоцелевые научно-исследовательские суда океанского класса, для проведения морских научных, в том числе океанографических, исследований и разведочных работ, оснащение их современным оборудованием;

5) развитие морских роботизированных комплексов и систем для исследования Мирового океана, включая беспилотные летательные аппараты для наблюдения за процессами в верхнем слое моря;

.....

104. Современная Российская Федерация не может существовать без сильного флота. Крупнейшие в мире территория и протяженность морских границ, огромные запасы и разнообразие морских природных энергетических, минеральных и биологических ресурсов, качество и количество народонаселения Российской Федерации объективно определяют ее существование и развитие в XXI веке как великой континентальной и морской державы.

105. Руководствуясь настоящей Доктриной, Российская Федерация будет твердо и решительно отстаивать свои национальные интересы в Мировом океане, а наличие достаточной морской мощи гарантирует их обеспечение и защиту.



Правовая основа эксплуатации морских подводных трубопроводов в Российской Федерации

Согласно Морской доктрине Российской Федерации, морские подводные трубопроводные системы по уровню значимости и потенциальной опасности относятся к стратегически важным объектам экономики. Однако вопросам безопасности морских трубопроводных систем уделяется недостаточное внимание. Принятые Ростехнадзором РФ Правила безопасности для магистральных трубопроводов не распространяются на морские и промысловые трубопроводы.

Правовой основой эксплуатации морских подводных трубопроводов Российской Федерации являются Федеральный закон № 187-ФЗ от 30.11.1995 г. и постановление Правительства РФ от 19.01.2000 г. № 44. В соответствии с этими документами система эксплуатации морских подводных трубопроводов должна соответствовать требованиям, предусмотренным водным законодательством и действующей в РФ нормативно-технической документации, а также признанных в Российской Федерации международных стандартов. В соответствии с этими законами установлены общие требования обеспечения безопасности морского трубопроводного транспорта нефти и газа путем соответствующей организации и порядка проведения работ по их обследованию, эксплуатации и ремонтам. Детальная нормативно-техническая документация, регламентирующая организацию, проведение и контроль этих работ на федеральном уровне отсутствует, поскольку предполагалось, что она будет разрабатываться на уровне организаций и предприятий.

Основным действующим на государственном уровне нормативным документом для морских подводных трубопроводов является ГОСТ Р 54382-2011 «Нефтяная и газовая промышленность. Подводные трубопроводные системы. Общие технические требования». Это стандарт устанавливает требования и правила проектирования, изготовления, строительства, испытаний, ввода в эксплуатацию, эксплуатацию, техническое обслуживание, переосвидетельствование и

ликвидацию подводных морских трубопроводных систем, а также требования к материалам для их изготовления. Данный ГОСТ является переводом с английского на русский язык норвежского стандарта DNV-OS-F101-2000 и согласуется со стандартом ИСО 13623, устанавливающим функциональные требования для морских трубопроводов.

Согласно требованиям указанного ГОСТ, конструктивная безопасность трубопроводной системы обеспечивается применением методологии определения классов безопасности. Трубопроводная система может относиться к одному или нескольким классам безопасности, исходя из последствий отказов. Классы безопасности зависят обычно от назначения трубопровода и его местоположения. Для каждого класса безопасности каждому предельному состоянию присвоен ряд частных коэффициентов безопасности. Однако указанные требования не в полной мере отражают особенности географических и гидрологических условий Российских регионов добычи углеводородов, не учитывают особенности проектирования, строительства, эксплуатации и ремонтов отечественных трубопроводов.

Для комплексного решения проблем прочности, надежности и безопасности морских трубопроводных систем необходима разработка Декларации и Концепции безопасности морских подводных трубопроводов Российской Федерации, которые будут определять приоритетные направления научно-методических и технических разработок.



КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

В последние два десятилетия в нашей стране были спроектированы и освоены новые конструкции и технологии магистрального морского трубопроводного транспорта. Это относится к известным трубопроводным системам «Голубой поток», «Южный поток», «Северный поток» (СП-1, СП-2) протяженностью до 1200 – 2500 км, с ограниченным числом компрессорных и перекачивающих станций. Глубина прокладки трубопроводов составляла от 50 до 2500 м. Общая протяженность морских подводных технологических и магистральных трубопроводов составляет более 5000 км.

Диаметр магистральных трубопроводов из них был в 610 – 1400 мм с толщиной стенки до 40 мм. Металлоемкость трубопровода достигает 2,5 млн.т., эксплуатационное давление в трубопроводах достигает 15 МПа. Затраты на их строительство составляют от 3,2 до 11,5 млрд. долл. США. При объемах ежегодной перекачки природного газа по каждому из них от 10 до 50 млрд. м³ экономическая эффективность могла достичь 40 – 50 млрд. руб.

Аварии, катастрофы и прекращение функционирования таких морских подводных трубопроводов создает ущербы, достигающие десятков и сотен млрд. долл. Это указывает на

необходимость их отнесения к категории объектов, критически и стратегически важных для национальной безопасности. В стратегии национальной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 02.07.2021 г. №400, подчеркнута необходимость применения риск-ориентированного подхода в рамках стратегически важного приоритета экономической безопасности.

Отмеченные выше ключевые положения по ответственности, важности и уровню стратегических рисков при технико-экономическом обосновании, проектировании, строи-

тельстве и эксплуатации морских трубопроводов в полном научно обоснованном и количественном объеме пока не реализовывались ни в нашей стране, ни за рубежом.

Актуальность комплексных проблем их безопасности по критериям рисков стала особенно видной после приостановки трубопровода «Южный поток» и террористических атак в сентябре 2022 г. на трубопроводы «Северного потока» (СП1 – СП2).

Исходя из требований стратегий национальной, энергетической, транспортной безопасности ведущие специалисты Российской академии наук, Минпромторга, Минэнерго, Союза нефтегазопромышленников, Ростехнадзора предложили сформировать, обсудить, согласовать и принять ряд важных новых основополагающих документов на заседаниях 2021 – 2022 гг. вначале Экспертной группы, а потом Экспертного совета по безопасности морских подводных трубопроводов.

Журнал «Морская наука и техника» продолжает знакомить руководителей соответствующих уровней и специалистов необходимой направленности и квалификации с последовательными разработками таких документов, как директива (декларация), концепция, стратегия, программа и план работ в области обоснования безопасности морских подводных трубопроводов на всех стадиях их жизненного цикла. Указанная последовательность разработок является общепринятой в нашей стране в сферах национальной безопасности и стратегического планирования. В первоочередном плане в 2022 – 2023 гг. будут разрабатываться декларация и концепция безопасности. Директива (декларация) безопасности морских подводных трубопроводов как исходный базовый документ будет определять:

- общую направленность научных, прикладных и нормативных разработок;
- структуру угроз и вызовов безопасности;
- основных разработчиков и пользователей результатов разработок.

В директиве должна быть указана категорированность морских подводных магистральных трубопроводов с учетом уровней рисков как критических и стратегически важных объектов и морских подводных технологических трубопроводов как объектов I и II классов потенциальной опасности. В ней получит отражение координирующая роль:

- Российской академии наук в части научных основ безопасности и рисков;
- Министерства промышленности и торговли в части организации и реализации программ научно-технологических мероприятий по обеспечению безопасности;
- Ростехнадзора в части организации взаимодействия соответствующих технических комитетов по комплексным проблемам безопасности;
- Союза нефтегазопромышленников в части организации системного взаимодействия соответствующих корпораций и компаний.

В директиве подлежат определению основные этапы научных исследований и практических разработок.

Концепция обоснования, нормирования, обеспечения и повышения безопасности морских подводных трубопроводов будет вторым основополагающим документом, определяющим:

- общий спектр мероприятий по реализации директивы (декларации) безопасности;
- систему новых взглядов, положений, методов и критериев обоснования и обеспечения безопасности морских подводных трубопроводов по критериям рисков;
- методологию количественного определения категорий трубопроводов, относящихся как к стратегически и критически важным объектам (преимущественно магистральные трубопроводы), так и к объектам I и II классам опасности (преимущественно технологические трубопроводы);

- необходимость анализа безопасности и рисков в четырех группах опасных ситуаций со снижением рисков:

- гипотетические, катастрофические, запроектные катастрофические и аварийные; проектные аварийные и поврежденные; штатные поврежденные;

- обязательность количественного определения сценариев и параметров указанных выше опасных ситуаций: при штатном функционировании с постепенным накоплением эксплуатационных повреждений; при нарушениях штатных режимов и состояний; при возникновении экстремальных природных и технических воздействий; при предельно опасных антропогенных воздействиях (несанкционированных, террористических и военных);

- необходимость последовательного анализа предельных состояний по критериям прочности, устойчивости, ресурса, надежности, живучести, безопасности и защищенности от аварий и катастроф, начиная с самых тяжелых;

- необходимость и обязательность применения систем контроля, диагностики и мониторинга состояний трубопроводов по указанным выше критериям предельных состояний;

- важность и необходимость учета отдельного и взаимосвязанного спектра природных, техногенных и антропогенных повреждающих и поражающих факторов.

В концепции подлежат рассмотрению три стадии последующего обоснования безопасности морских подводных трубопроводов:

- научная база с определяющими выражениями, параметрами и критериями категорирования опасности, моделей сценарного анализа возникновения и развития поврежденных, аварийных и катастрофических ситуаций, методами построения комплексных мероприятий по снижению рисков до приемлемого уровня, методами анализа необходимых экономических затрат на достижение заданного уровня безопасности и защищенности в зоне приемлемых рисков;
- методическая и нормативная базы (методические рекомендации, руководящие документы, федеральные нормы и правила, стандарты и регламенты) комплексной безопасности морских подводных трубопроводов;
- ориентированная подготовка специалистов по безопасности морских подводных трубопроводов в области проектирования, строительства, эксплуатации, контроля, надзора и управления безопасностью по критериям рисков.

Сроки разработки и согласования директивы – IV квартал 2022 – II квартал 2023 г., а концепции – I квартал – IV квартал 2023 г. Научное и материально-техническое обеспечение разработок выполняется при поддержке Российской академии наук, Минпромторга, Ростехнадзора, Росстандарта при непосредственном участии ведущих корпораций и компаний.

Материалы и результаты планируемых исследований и разработок будут освещаться на страницах журнала «Морская наука и техника».

От Российской академии наук Н.А. Махутов, председатель Комиссии РАН по техногенной безопасности

От Минпромторга И.В. Помылев, начальник отдела Департамента судостроительной промышленности и морской техники

От Научно-производственного союза «Риском»
В.В. Лещенко

От Союза нефтегазопромышленников
президент Г.И. Шмаль



ХII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ «АРКТИКА: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ»: развитие Арктики в условиях глобальных изменений

Международный Форум «Арктика: настоящее и будущее» ежегодно проводится в Санкт-Петербурге с 2010 года. Это ключевое общественное мероприятие, посвященное развитию арктического региона. Форум организует МОО «Ассоциация полярников» при поддержке и участии Совета Федерации и Государственной Думы ФС РФ, Правительства РФ, Государственной комиссии по развитию Арктики, профильных федеральных и региональных органов власти.

Главной задачей ХII Международного форума «Арктика: настоящее и будущее» станет объединение усилий для обеспечения устойчивого будущего макрорегиона в период глобальных геополитических и экономических изменений.

Развитие Арктической зоны РФ является стратегическим приоритетом государства и залогом благополучия нашей страны. В новых геополитических и экономических международных условиях первостепенное значение для решения поставленных задач приобретает синхронизация усилий и укрепление диалога участников арктической деятельности, в том числе в рамках председательства России в Арктическом совете.

Специфика развития Арктической зоны РФ состоит в том, что эта территория более чувствительна к любым изменениям, чем другие регионы РФ, будь то изменения климата, новые экономические условия или технологические ограничения. Сегодня макрорегион столкнулся с такими вызовами, как прекращение сотрудничества со многими зарубежными партнерами, переориентация логистики на восток, нехватка технологий и оборудования для решения стратегических задач, дефицит кадров и компетенций для реализации арктических проектов. По-прежнему актуальны вопросы развития Севморпути, сохранения экосистем, поддержки коренного населения Арктики, модернизации и строительства инфра-



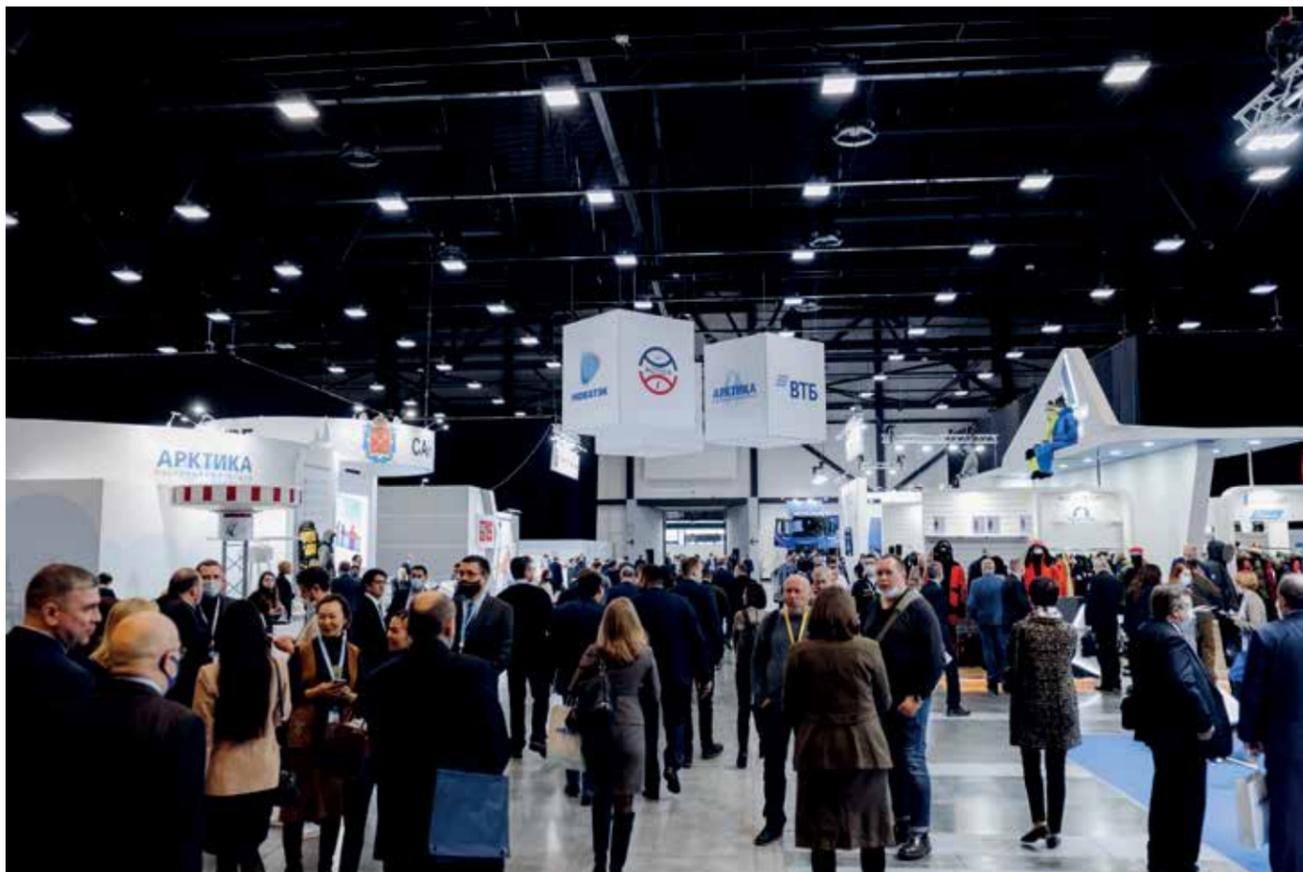
Главной задачей ХII Международного форума «Арктика: настоящее и будущее» станет объединение усилий для обеспечения устойчивого будущего макрорегиона в период глобальных геополитических и экономических изменений.

структуры, транспортные ограничения, проблемы со связью в некоторых районах и др.

Форум, по традиции, объединит более 2000 участников: представителей органов власти, руководителей крупных российских компаний и банков, ведущих экспертов научного сообщества, СМИ и гражданского общества. В ходе двухдневной деловой программы мероприятия проходит обсуждение комплексных и стратегических решений по социально-экономическому развитию Арктической зоны и определение тактических шагов по их реализации, презентация отечественных проектов в Арктике, инвестиционного

потенциала и возможностей северных регионов.

Программа Форума построена так, чтобы на каждой дискуссионной площадке можно было найти ответы на основополагающие вопросы современного развития Арктики. Акцентами деловой программы в 2022 году определены: ответственное управление в новых условиях, поиск решений для снятия ограничений, которые появились в связи с санкциями, адаптация к климатическим изменениям, развитие человеческого капитала в Арктике, налаживание международного общественного диалога, вовлечение всех субъектов нашей страны в арктические проекты.



«В условиях нестабильности в мире необходимо сплотиться для реализации задач, которые стоят перед нами в Арктике. Несмотря на заморозку сотрудничества со стороны некоторых западных партнеров, мы этих задач с себя не снимаем. Я считаю, что неправительственное научное и молодежное сотрудничество в общественном измерении должно сохраняться вне зависимости от отношений между странами. На Западе по-прежнему есть много людей и организаций, которым небезразлична Арктика и которые хотят продолжать сотрудничество несмотря на позицию своих правительств. Кроме того, есть много нерегиональных государств, которые готовы подключиться к арктическим проектам. Форум «Арктика: настоящее и будущее» – это проверенный инструмент общественной дипломатии по арктическим проектам», – говорит президент МОО «Ассоциация полярников», специальный представитель Президента Российской Федерации по международному сотрудничеству в Арктике и Антарктике, депутат Госдумы Артур Чилингаров.

В рамках Форума также особое внимание будет уделено важным для Арктики датам, которые отмечаются в 2022 году: 90 лет исполняется Северному морскому пути, 85 лет назад начала свою работу первая в мире дрейфующая научная станция «Северный полюс-1», 15 лет назад состоялась Высокоширотная арктическая глубоководная экспедиция 2007 года. Этим событиям на форуме будут посвящены отдельные мероприятия.

В поддержку деловой повестки Форума традиционно организуется обширная выставочная программа. Площадь экспозиции составляет порядка 2000 кв. м. Российские регионы и крупнейшие компании, работающие в Арктике, представляют свои инновационные продукты и технологии для социально-экономического и технологического развития современной Арктики, а также предметы самобытной культуры народов российского Заполярья.

Разделы выставки:

- Проекты регионов
- Инфраструктура и строительство
- Транспорт и судостроение
- Комфортная городская среда
- Финансовый сектор
- Цифровые решения
- Освоение месторождений
- Телекоммуникационные технологии
- Научные исследования
- Промышленная безопасность
- Охрана окружающей среды
- Образование и подготовка кадров
- Культура коренных народов Севера
- Туризм
- Здравоохранение

Итогом работы дискуссионных площадок станет Общественная резолюция форума – уникальный инструмент развития общественного диалога в Арктике. Резолюция будет направлена для дальнейшей проработки предложений в Госкомиссию по вопросам развития Арктики, профильные министерства и ведомства, всем заинтересованным структурам для совершенствования законодательства, государственного управления и администрирования.

Форум состоится при поддержке Генерального партнера – ПАО «ГМК «Норильский никель», партнера ПАО «Новатэк» и партнера секции АО «НИЦ «Строительство»; Генерального информационного партнера – Информационное агентство России «ТАСС». Специальный партнер Форума – НКО «Фонд полярных исследований «Полярный фонд».

Экологическим спонсором Форума выступил Банк ВТБ (ПАО).

Пресс-служба МОО «Ассоциация полярников»



12+

XII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

АРКТИКА: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

8-9 ДЕКАБРЯ
2022 ГОДА

г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ,
КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»

www.forumarctic.com



**Более 2000
ДЕЛЕГАТОВ**

**11 ТЕМАТИЧЕСКИХ
НАПРАВЛЕНИЙ**

**Более 50
СЕКЦИЙ**

**2000 кв. м
ВЫСТАВОЧНАЯ
ПЛОЩАДЬ**

**Объединение усилий для обеспечения
устойчивого будущего Арктики в условиях
геополитических и экономических изменений**

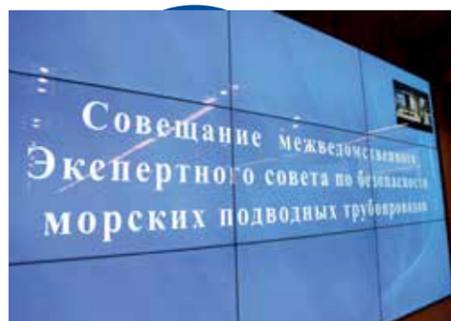
Организатор
форума:
www.aspolrf.ru



МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ
ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
АССОЦИАЦИЯ ПОЛЯРНИКОВ

Программа
форума:





СОВЕЩАНИЕ ЭКСПЕРТНОГО СОВЕТА ПО БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Второе совещание Экспертного совета по безопасности морских подводных трубопроводов прошло 9 ноября 2022 года в Москве на площадке Министерства промышленности и торговли Российской Федерации. На совещании присутствовали специалисты академических институтов – ИМАШ им. А.А. Благонравова, МИФИ, СПбГМУ, Российского морского регистра судоходства и промышленных объединений и предприятий – ПАО «Газпром», ПАО «Лукойл», ООО «Лукойл-Нижневожжскнефть», ПАО НК «Роснефть», АО «КТК», ООО «БТ-СВАП», ООО «СВАП-инжиниринг», НПС «РИСКОМ», ООО «НТЦ «Нефтегаздиагностика», ООО «НГБ-Энергодиагностика», ООО МК «Каскад».



В дискуссии по вопросам повестки дня в формате видеоконференции приняли участие профильные специалисты из Москвы, Санкт-Петербурга, Нижнего Новгорода, Новороссийска, Севастополя и других городов и регионов.

С приветственным словом на совещании выступили Н.А. Махутов, член-корреспондент РАН, председатель Комиссии РАН по техногенной безопасности, президент НПС РИСКОМ и руководящие специалисты Минпромторга РФ.

О планомерном решении задач по обеспечению безопасности морских подводных трубопроводных систем, в соответствии с положениями новой Морской доктрины Российской Федерации, на государственном уровне рассказал И.В. Помялев, начальник отдела учета и управления РИД, представляющий Департамент судостроительной промыш-

ленности и морской техники.

Саадуллаев Хаджимурат Саадулаевич, начальник отдела Департамента машиностроения для топливно-энергетического комплекса, предложил вниманию участников информацию о перспективных направлениях в решении научно-производственных задач по безопасности при прокладке, эксплуатации и ликвидации подводных трубопроводов, а также обозначил предлагаемую государственную поддержку данного отраслевого направления.

С важными предложениями выступил Президент Союза нефтегазопромышленников России Шмаль Г.И.

По повестке дня был заслушан доклад Круглова О.Г., начальника службы технического надзора ООО «Лукойл-Нижневожжскнефть», в котором был разносторонне представлен



опыт работы по проектированию и строительству МПТ (морских подводных трубопроводов) инженерной командой данной компании при реализации масштабных проектов на большие расстояния и в различных погодных условиях.

В докладе и презентации Лещенко В.В., генерального директора ООО «НТЦ «Нефтегаздиагностика», ответственного координатора экспертного совета «Аудит технологий ремонта морских подводных трубопроводов», продемонстрированы наиболее эффективные, многократно проверенные, технологии и способы ремонта трубопроводов, разработанные непосредственно в России. На сегодня разработаны технические решения и технологии для ремонта практически всех типов дефектов МПТ, не уступающие, а по ряду параметров превосходящие лучшие международные образцы. Примеры уникальных отечественных решений по устранению всех типов дефектов при ремонте морских подводных трубопроводов в различных экстремальных условиях и с учетом сложных технических параметров, показал высокий уровень научно-производственного потенциала данного центра.

Лепихин А.М., доктор технических наук, эксперт Российской академии наук, представитель ООО «НТЦ «Нефтегаздиагностика», выступил с докладом «Анализ нормативной базы в части обоснования безопасности морских подво-

дных трубопроводов». В докладе были обозначены основные проблемные аспекты правового регулирования и нормативно-методического обоснования безопасности морских подводных трубопроводов.

В обсуждении докладов приняли участие профессор МИФИ Морозов Е.М., начальник отдела организации экспертизы проектов морских нефтегазовых сооружений Российского морского регистра судоходства Авдонкин А.С., специалист департамента эксплуатации АО «КТК» Завалинич Д.А. и другие.

Проведено обсуждение проекта Концепции разработки нормативной базы обоснования безопасности морских подводных трубопроводов, как элемента гармонизации нормативно-методического обеспечения проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации трубопроводов. По проекту Концепции было заслушано сообщение доктора технических наук, профессора Тимашева С.А. с экспертной оценкой документа.

Научно-технический журнал «Морская наука и техника» (главный редактор А.В. Камшуков; издано четыре номера) был признан и обозначен как основной информационный ресурс Совета.

Обсужден и принят План работ Экспертного совета на первый квартал 2023 года.

РЕШЕНИЕ СОВЕЩАНИЯ МЕЖВЕДОМСТВЕННОЙ ЭКСПЕРТНОЙ ГРУППЫ ПО БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ



Второе совещание экспертной группы по безопасности морских подводных трубопроводов прошло на площадке Министерства промышленности и торговли Российской Федерации. На совещании присутствовали специалисты академических институтов – ИМАШ им. А.А. Благонравова, МИФИ, СПбГМТУ, Российского морского регистра судоходства, и промышленных объединений и предприятий – ПАО «Газпром», ПАО «Лукойл», ООО «Лукойл-Нижневожскнефть», ПАО НК «Роснефть», АО «КТК», ООО «БТ-СВАП», ООО «СВАП-инжиниринг», НПС «РИСКОМ», НТЦ «Нефтегаздиагностика», «НГБ-Энергодиагностика», МК «Каскад».

С приветственным словом на совещании выступили руководящие специалисты Минпромторга РФ: Помылев И.В., начальник отдела Департамента судостроительной промышленности и морской техники, Саадулаев Х.С., начальник отдела Департамента машиностроения для нефтехимического комплекса. По повестке дня были заслушаны доклады Круглова О.Г., начальника службы технического надзора ООО «Лукойл-Нижневожскнефть», Лещенко В.В., генерального директора НТЦ «Нефтегаздиагностика», Лепихина А.М., д.т.н., НТЦ «Нефтегаздиагностика». Проведено обсуждение проекта Концепции разработки нормативной базы обоснования безопасности морских подводных трубопроводов, как элемента гармонизации нормативно-методического обеспечения проектирования, строительства и эксплуата-

ции трубопроводов. По проекту Концепции было заслушано сообщение д.т.н., проф. Тимашева С.А. с экспертной оценкой документа. Обсужден и одобрен План работ Экспертного совета на первый квартал 2023 года. В дискуссии по вопросам повестки дня приняли участие специалисты указанных организаций.

Обсудив выступления, доклады и поступившие предложения Экспертный совет принял следующие РЕШЕНИЯ:

1. В соответствии с Морской доктриной Российской Федерации морские подводные трубопроводные системы по уровню значимости и потенциальной опасности следует рассматривать как стратегически важные объекты экономики России. Для обеспечения эффективного функционирования и предотвращения антропогенных и техногенных



катастроф указанных трубопроводных систем подготовить и вынести на обсуждение Концепцию безопасности морских подводных трубопроводных систем Российской Федерации.

2. Принимая во внимание важность и масштаб проблемы обеспечения безопасности и защищенности трубопроводных систем от аварий и катастроф переименовать межведомственную экспертную группу по безопасности морских подводных трубопроводов в межведомственный Экспертный совет по безопасности морских подводных трубопроводов.

3. Обратиться в Министерство промышленности и торговли Российской Федерации и Комиссию по техногенной безопасности Российской академии наук с предложением о признании Экспертного совета в качестве экспертного межведомственного органа по обоснованию безопасности морских подводных трубопроводов, с соответствующими полномочиями.

4. Считать основными задачами Экспертного совета консолидацию и формирование научно-методической и нормативной базы, экспертизу технологий, стандартов и методологий обоснования безопасности морских подводных

трубопроводов на всех стадиях жизненного цикла (при проектировании, строительстве, эксплуатации, ремонтах, реконструкции и выведении из эксплуатации), а также выработку согласованной технической политики организаций, занимающихся разработкой шельфовых месторождений углеводородов, строительством, эксплуатацией, диагностикой и ремонтом морских подводных трубопроводов.

5. Сосредоточить внимание Экспертного совета на разработке импортозамещающего пакета Российских стандартов для морских подводных трубопроводных систем, основанного на концепции управления сложными системами в условиях неопределенности по критериям безопасности и риска.

6. Принять за основу Концепцию разработки нормативной базы обоснования безопасности морских подводных трубопроводов, как элемента создания импортозамещающего пакета Российских стандартов для морских подводных трубопроводных систем, основанного на концепции управления сложными системами в условиях неопределенности по критериям безопасности и риска.

7. Принять за основу План работы Экспертного совета на первый квартал 2023 г. и разработать Положения, регламентирующие деятельность Экспертного совета в части экспертизы, разработки и согласования нормативно-методических документов.

8. Создать экспертные рабочие группы по следующим направлениям:

- экспертиза нормативно-методических документов по проектированию, строительству, ремонту и выведению из эксплуатации морских подводных трубопроводов в части обоснования безопасности;
- разработка нормативно-методических документов по обоснованию безопасности морских подводных трубопроводов;
- разработка технологий и нормативно-методических документов, регламентирующих проведение ремонтов морских подводных трубопроводов.

9. Проинформировать заинтересованные ведомства и организации о работе совещания и принятых решениях. Разместить информацию о совещании в средствах массовой информации.

10. Совещания Экспертного совета проводить ежеквартально. Следующее заседание Экспертного совета провести в марте 2023 года.



КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ, КАК ЭЛЕМЕНТА ГАРМОНИЗАЦИИ НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ

I. Введение

1. Настоящая Концепция содержит систему взглядов и положений, определяющих основные аспекты нормативной базы обоснования безопасности при проектировании, строительстве и эксплуатации морских подводных трубопроводов и формирует цели, задачи и направления ее развития.

2. Концепция разработана с учетом требований «Концепции развития национальной системы стандартизации Российской Федерации на период до 2020 года»

3. Концепция рассматривается как один из ключевых элементов модернизации и технологического развития морского трубопроводного транспорта, и повышения эффективности добычи углеводородов на континентальном шельфе.

4. Концепция формулируется как долгосрочная база разработки системы нормативно-методических документов, регламентирующих и обеспечивающих:

- безопасность морского трубопроводного транспорта;
- охрану окружающей среды;
- экономическую, энергетическую эффективность и ресурсосбережение.

II. Современное состояние национальной системы стандартов

1. Отечественные стандарты в указанной области были созданы в период 1981-1998 гг. и впоследствии практически не развивались. В начале XXI века нормативная база начала формироваться путем копирования (перевода) зарубежных нормативных документов. Основополагающим документом стал ГОСТ Р 54382-2011 (актуализированный перевод стандарта DNV OS-F101). По аналогичному принципу заимствования зарубежных норм был создан ряд отраслевых стандартов.

2. Отдельную группу отечественных стандартов по про-

ектированию морских подводных трубопроводов составляют нормы Российского морского регистра судоходства. Особенность этих стандартов заключается в том, что они основаны на отечественной методологической базе расчетов прочности и устойчивости трубопроводов, не уступающей концепциям расчетов по стандартам серии DNV. При этом следует отметить, что эти стандарты используют методы расчета прочности и устойчивости по допускаемым напряжениям.

3. В настоящее время нормативную базу морских подводных трубопроводов составляют ГОСТ Р 54382-2011, СП 35.13330.2012, документы Российского морского регистра судоходства НД №2-020301, НД №2-030301 и НД №2-090601, ведомственные документы АО «Газпром», АО «Лукойл» и стандарты организаций.

4. Фактически сложилась многоуровневая структура государственных и отраслевых стандартов, а также стандартов предприятий, основанных на разных методологических базах. Существовавший ранее единый методологический подход к стандартизации оказался размыт. Нормативные документы разработаны и внесены разными коллективами, в то же время в большинстве содержат однотипные общие требования. При этом нет ранжирования порядка их применения. Имеют место существенные терминологические и методические противоречия стандартов.

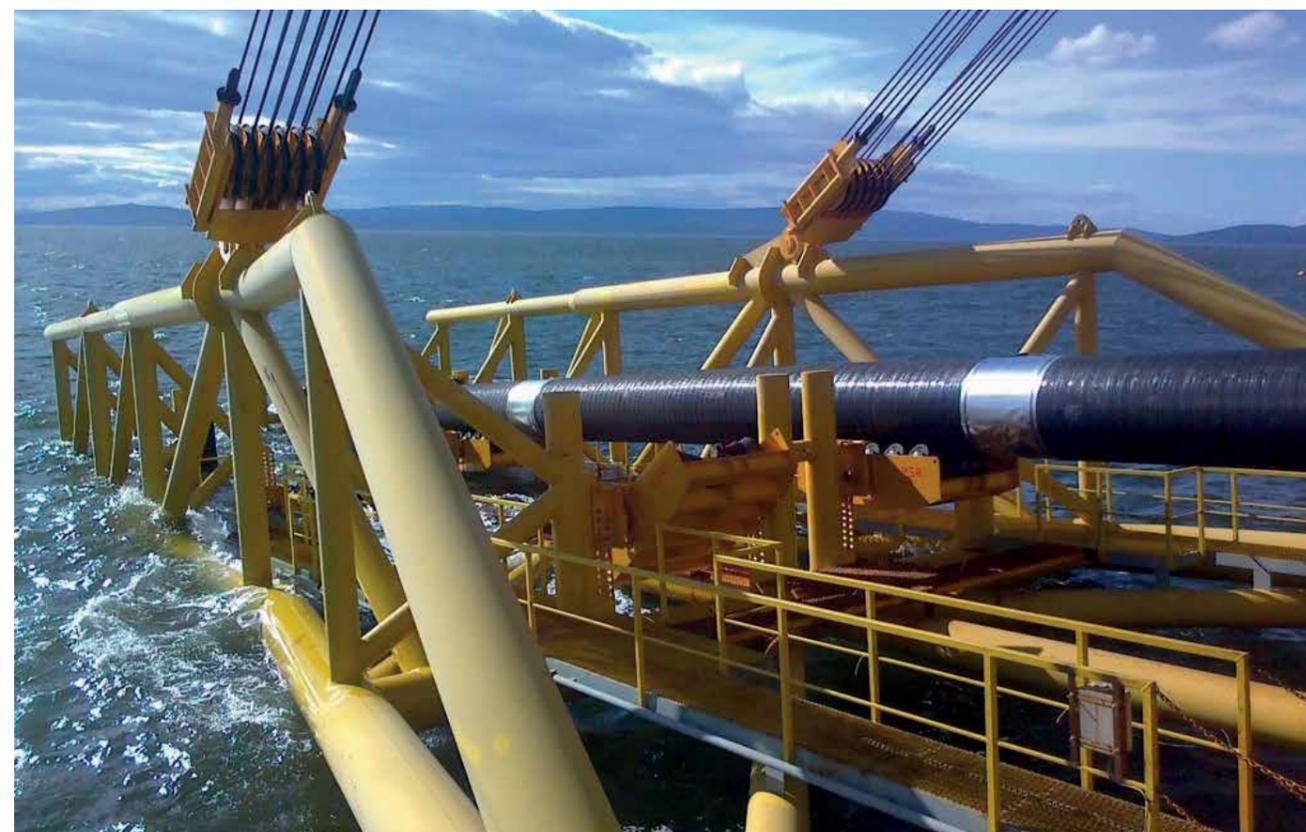
5. С учетом изложенного можно констатировать, что организационно-функциональная система стандартизации морских подводных трубопроводов нуждается в модернизации. Одним из основных аспектов такой модернизации можно считать повышение роли межведомственных экспертных групп и сообществ по стандартизации для реализации целей и задач, предусмотренных настоящей Концепцией.

6. Ключевым аспектом модернизации является формулировка приоритетов, стратегических целей, задач, принципов и направлений развития национальной системы стандартизации морских подводных трубопроводов.

III. Цели, задачи и принципы развития национальной системы стандартов

1. Стратегическими целями развития национальной системы стандартизации морских подводных трубопроводов являются:

- разработка импортозамещающего пакета Российских стандартов, охватывающего весь жизненный цикл морских подводных трубопроводных систем, основанного на концепции управления сложными системами в условиях неопределенности по критериям безопасности и риска;
- содействие интеграции Российской Федерации в международные системы стандартизации в качестве равноправного партнера;
- установление технических требований, обеспечивающих безопасность МПТ на всех стадиях жизненного цикла;
- повышение конкурентоспособности отечественной продукции, работ и услуг, осуществляемых с использованием МПТ или в части МПТ;
- обеспечение безопасности МПТ в чрезвычайных ситуациях;
- предупреждение действий, вводящих потребителя в заблуждение;
- содействие взаимопроникновению технологий, знаний и опыта, накопленных в различных отраслях экономики;
- совершенствование системы стандартизации, отвечающей положениям Соглашения Всемирной торговой организации по техническим барьерам в торговле и соглашениям в рамках Таможенного союза в сфере технического регулирования;
- содействие экономической интеграции государств - членов Таможенного союза, Евразийского экономического сообщества, Содружества Независимых Государств;





- расширение применения информационных технологий в сфере стандартизации;
 - координация разработки международных, национальных и отраслевых стандартов с участием российских специалистов и технических комитетов по стандартизации.
2. Национальная система стандартизации направлена на решение следующих задач:
- совершенствование организационной структуры стандартизации на государственном и ведомственном уровнях;
 - планирование разработки национальных (национальных предварительных) стандартов и сокращение сроков их разработки, а также внедрение в процессы стандартизации принципиально новых информационных технологий;
 - максимально возможное применение адаптированных положений действующих международных и отраслевых стандартов, и стандартов организаций.
3. Настоящая Концепция предусматривает организационное и методическое единство с национальной системой стандартизации, с учетом особенностей отрасли морских подводных трубопроводов.
4. В основе развития системы стандартизации полагаются следующие принципы:
- применение в установленном порядке на территории Российской Федерации международных и национальных стандартов;
 - максимальный учет мнения заинтересованных лиц при разработке нормативных документов;
 - обеспечение преемственности работ по стандартизации;
 - обеспечение условий для единообразного применения документов в области стандартизации;
 - открытость (прозрачность) процедур разработки документов;
 - обеспечение доступности документов и информации о них для заинтересованных лиц;
 - однозначность понимания требований, понятий и терминов, включаемых в документы;
 - соответствие документов нормативным правовым актам Российской Федерации;
 - прогрессивность и оптимальность требований документов в области стандартизации;
 - обеспечение системности и комплексности информационных ресурсов в области стандартизации с использованием информационных технологий.

IV. Направления развития системы стандартизации

1. Развитие системы стандартизации и совершенствование ее законодательных основ

1.1. Развитие системы стандартизации в области обоснования безопасности МПТ должно отвечать основным направлениям социально-экономического развития Российской Федерации, бюджетной стратегии и решениям Президента Российской Федерации и Правительства Российской Федерации, касающимся развития реальных секторов экономики, а также международным нормам и правилам, и основываться на внедрении проектных и процессных принципов управления, обеспечивающих открытость системы стандартизации и ее эффективное взаимодействие с потребителями информационных ресурсов в сфере стандартизации.

1.2. Совершенствование нормативной базы обоснования безопасности МПТ предполагает:

- приведение разрабатываемых документов в соответствие с положениями национальной системы стандартизации;
- уточнение видов документов по обоснованию безопасности МПТ на основе рекомендаций национальной организации по стандартизации;
- планирование работ по стандартизации, процедур разработки, утверждения, проверки, пересмотра, отмены и внедрения документов;
- упрощение процедур и сокращение сроков утверждения стандартов;
- стимулирование участия нефтегазодобывающих промышленных предприятий и организаций в работах по обеспечению безопасности МПТ, в том числе на принципах частно-государственного партнерства.

1.3. В целях концентрации усилий по развитию национальной стандартизации, однозначного понимания целей и задач национальных стандартов, обеспечения единства терминологии необходимо исключить употребление в национальном законодательстве словосочетания, не относящихся к сфере технического регулирования и аспектам стандартизации.

2. Приоритетные направления развития стандартизации

2.1. В качестве приоритетных направлений, обеспечивающих технологическое лидерство и устойчивое развитие отрасли добычи и транспортировки углеводородов рассматриваются:

- разработка системообразующих стандартов управления жизненным циклом морских подводных трубо-

- совершенствование норм проектных расчетов прочности и устойчивости морских подводных трубопроводов;
- разработка норм поверочных расчетов прочности устойчивости морских подводных трубопроводов;
- разработка норм по обоснованию безопасности эксплуатирующихся морских подводных трубопроводов;
- разработка норм по техническому диагностированию и вероятностному анализу дефектности морских подводных трубопроводов;
- обоснование и разработка технологий ремонта морских подводных трубопроводов.

2.2. Указанный перечень приоритетных направлений развития стандартизации может корректироваться с учетом изменений общей концепции развития нормативно-методической базы проектирования, строительства и эксплуатации МПТ.

3. Разработка стандартов в приоритетных направлениях

3.1. Разработка стандартов в приоритетных направлениях должна осуществляться на основе общепринятых отечественных и международных принципов стандартизации, с учетом обеспечения:

- гармонизации национальных стандартов с международными стандартами;
- сокращения сроков разработки и обновления национальных стандартов;
- создания механизма постоянного обновления национальных стандартов на базе передовых международных и отраслевых стандартов, с учетом требований законодательства Российской Федерации.

3.2. При разработке стандартов необходимо обеспечить:

- концептуальное единство расчетных методов обоснования безопасности с методами расчета трубопроводов по предельным состояниям, согласно требованиям СП 33.13330.2012.
- единство терминологии и основополагающих требований с ГОСТ Р 54382-2011 и СП 378.1325800.2017;
- охват всех стадий жизненного цикла морских подводных трубопроводов;
- оценку влияния неопределенностей переменных на безопасность трубопроводов;
- оценку безопасности трубопроводов по критериям риска аварий.

3.3. Стандартизация должна осуществляться в соответствии со следующими принципами:

- недопустимости создания препятствий производству и обороту продукции, выполнению работ и оказанию услуг, предусмотренных Федеральными законами;
- недопустимости установления требований, противоречащих действующим техническим регламентам;
- гармонизации стандартов, основанной на согласии всех заинтересованных сторон;
- обоснованного использования современных положений зарубежных стандартов с учетом особых климатических, географических, технических и технологических особенностей Российской Федерации;
- обеспечения условий для единого применения стандартов.

3.4. Разрабатываемые стандарты должны предусматривать:

- обоснования классов безопасности трубопроводов и уровней надежности (вероятностей разрушения) для этого класса;
- проектные расчеты по определению основных геометрических и рабочих параметров трубопроводов при заданных нагрузках и воздействиях или ссылки

на действующие нормы с учетом класса безопасности трубопроводов;

- поверочные расчеты по обоснованию безопасности в детерминированной и вероятностной постановке, с учетом возможных технологических дефектов и эксплуатационных повреждений, нештатных нагрузок, старения металла, изменений условий опирания, возникновения аварийных ситуаций и других запроектных случаев;
- использование современных положений теорий прочности, механики деформирования и разрушения, теории риска;
- использование параметров нагрузок, характеристик механических свойств, коэффициентов запасов прочности, соответствующих отечественной практике строительства морских подводных трубопроводов.

3.5. Разрабатываемые стандарты по методам ремонта трубопроводов должны регламентировать порядок и процедуры обоснования выбора технологии ремонта и оценки безопасности после проведения ремонта. При этом должны учитываться особенности технологии и применяемые средства усиления участка трубопровода.

3.6. Важнейшим аспектом нормативно-методического обеспечения должна стать возможность управления ресурсом подводных трубопроводных систем в условиях неопределенности по критериям безопасности и риска.

4. Первоочередные работы в приоритетных направлениях

4.1. В качестве первоочередных системообразующих разработок предлагается проведение ревизии существующей нормативной базы, с разделением на следующие группы стандартов:

- управление жизненным циклом МПТ;
- требования к материалам, с обоснованиями использования новых конструкционных материалов;
- требования к методам неразрушающего контроля и обработки информации;
- проектные расчеты прочности и устойчивости МПТ;
- поверочные расчеты прочности и устойчивости МПТ с учетом дефектов и повреждений;
- обоснование безопасности МПТ при проектных, запроектных и аварийных нагрузках;
- обоснование проведения ремонтов МПТ.

4.2. На основе результатов анализа по п. 4.1 следует разработать проекты стандартов по детерминированным методам обоснования безопасности МПТ и обоснованию безопасности МПТ по критерию риска аварий.

5. Особые требования

5.1. При разработке стандартов особое внимание должно быть уделено требованиям к обоснованию безопасности МПТ, а также обследованиям и ремонтам МПТ, касающимся специальных процессов, процедур, работ, морских операций, судов и оборудования.

5.2. Стандарты должны разрабатываться на основе обоснованных научных и технических положений, направленных на снижение риска и обеспечение безопасности при эксплуатации МПТ и должны обеспечивать современный уровень организации и проведения соответствующих работ.

5.3. Все основные положения, нормы, требования и правила, изложенные в стандартах, должны быть гармонизированы с аналогами существующей российской и зарубежной нормативной базы.

5.4. Требования к морским работам (обследования и ремонты МПТ, морские операции) должны базироваться на использовании практического опыта разработки и реализации "морских проектов" в нашей стране, а также с учетом применимых норм, правил и требований РМРС, норвежских (DNV) и американских (API) стандартов, рекомендаций Канадской ассоциации стандартов и других источников информации.



К 95-ЛЕТИЮ ЕВГЕНИЯ МИХАЙЛОВИЧА МОРОЗОВА

Известному российскому ученому-механику Евгению Михайловичу Морозову 10 декабря исполняется 95 лет. В военном 1943 году он поступил на первый курс самолетостроительного факультета Московского авиационного института. После защиты дипломного проекта в 1949 году, подготовленного под руководством известного конструктора вертолетов Н.И. Камова, он по распределению был направлен в закрытый институт, который впоследствии стал конструкторским бюро С.П. Королева. В данном КБ Евгений Михайлович выполнял расчеты на прочность конструкций ракет класса «земля-воздух».

В 1951 году Е.М. Морозов перешел на работу ассистентом МИФИ и одновременно начал обучение в аспирантуре, где целенаправленно занимался механикой разрушения. Пройдя путь от ассистента, аспиранта, доцента до профессора (1974 г.), он стал одним из самых авторитетных ученых в области механики разрушения. Е.М. Морозовым опубликовано более двухсот научных работ, а также 19 монографий и 9 учебных пособий, ставших основой для развития нескольких направлений механики разрушения. Результаты его научной работы нашли отражение в нормативных документах (ГОСТах и отраслевых стандартах) по расчетам прочности и

долговечности энергооборудования и трубопроводов АЭС и ТЭС. Евгений Михайлович сформулировал двухпараметрический критерий разрушения, предел трещиностойкости и способ построения диаграмм трещиностойкости элементов конструкций. С его именем связано применение метода сечений для приближенного и быстрого определения коэффициента интенсивности напряжений.

Профессор Е.М. Морозов является членом Международного координационного совета по физике прочности и пластичности материалов и Научного совета по механике деформируемого твердого тела РАН, членом редколлегии

Не смотря на солидный возраст, Евгений Михайлович продолжает активную трудовую деятельность в области обоснования прочности, надежности и безопасности конструкций различного назначения. В настоящее время он является членом Экспертного совета по безопасности морских подводных трубопроводов. Экспертный совет сердечно поздравляет Евгения Михайловича с днем рождения и желает ему здоровья, благополучия и дальнейших творческих успехов.



журнала «Заводская лаборатория. Диагностика материалов» и входит в состав ряда диссертационных советов. На протяжении длительного времени Е.М. Морозов был Председателем ГЭК на мехмате МГУ и Председателем Оргкомитета постоянно действующего семинара «Проблемы разрушения металлов» общества «Знание». Е.М. Морозов много лет был соруководителем семинара «Проблемы разрушения металлов» при Московском доме научно-технической пропаганды. Помимо этого, Е.М. Морозов являлся одним из идейных вдохновителей организации и активным участником Комиссии по механике разрушения при НТС Госстандарта СССР. С 1995 по 1997 гг. Евгений Михайлович работал по научной программе КОПЕРНИКУС Европейского научного сообщества. Е.М. Морозов ведет активную научно-общественную работу, являясь рецензентом статей в ведущих журналах РАН, оппонирова кандидатские и докторские диссертации. Под руководством Е.М. Морозова защищено больше двадцати кандидатских и докторских диссертаций. Он активно участвует в организации различных научно-технических конференций, проводящихся как в нашей стране, так и за ее пределами.

Плодотворная научная деятельность Евгения Михайловича, направленная как на воспитание новых молодых специалистов, так и на развитие отечественной промышленности, отмечена рядом государственных премий и наград. Он является лауреатом Премии Совета Министров СССР (1983 г. за разработку научных основ прочности оборудования

АЭС), удостоен Президентской стипендии. В 2001 году Евгению Михайловичу было присвоено звание Заслуженного деятеля науки Российской Федерации. Евгений Михайлович является ветераном труда МИФИ, почетным профессором МИФИ, ветераном атомной энергетики и промышленности. Он включен в книги «Кто есть кто в России» и в «Outstanding Scientists of the 21-st Century», а также отмечен в разных номинациях книг «Who is who» в Англии и в США.

Большая заслуга Евгения Михайловича Морозова состоит в том, что в России на русском языке был издан ряд лучших зарубежных книг по механике разрушения, на которых потом выросло целое поколение отечественных специалистов в этой области. Он участвовал в отборе, редактировании и написании предисловий к переводимым книгам. Под его редакцией в 1976 г. в издательстве «Мир» был опубликован третий том энциклопедии «Разрушение» (перевод с англ. энциклопедии «Fracture» by H. Liebowitz. New York and London. 1971).

Несмотря на солидный возраст, Евгений Михайлович продолжает активную трудовую деятельность в области обоснования прочности, надежности и безопасности конструкций различного назначения. В настоящее время он является членом Экспертного совета по безопасности морских подводных трубопроводов. Экспертный совет сердечно поздравляет Евгения Михайловича с днем рождения и желает ему здоровья, благополучия и дальнейших творческих успехов.



Помылов И.В., начальник отдела учета и управления РИД, Департамент судостроительной промышленности и морской техники.

Перспективы строительства и эксплуатации морских трубопроводов на континентальном шельфе

16 июня 2022 года в Российской Академии Наук по инициативе Комиссии по техногенной безопасности состоялось первое организационное заседание, в котором приняли участие ведущие ученые и специалисты по техногенной безопасности, руководители экспертных и специализированных организаций, научных и инженерных сообществ.

Второе заседание прошло на площадке Министерства промышленности и торговли при поддержке департамента судостроительной промышленности и морской техники и Департамента машиностроения для топливно-энергетического комплекса.

Основными задачами Межведомственной Экспертной группы является формирование методологических основ, создание и совершенствование отечественной системы нормативных документов и технологий диагностики и ремонта, обеспечивающих работоспособность и безопасность

морских подводных трубопроводов в течение всего жизненного цикла. В настоящее время особенно актуальным является обсуждение перспектив строительства и эксплуатации морских трубопроводов на континентальном шельфе

Наша страна обладает богатейшими запасами нефти и газа, разветвленной сетью трубопроводов, часть из которых проходит под водой.

В России на сегодняшний день реализованы крупномасштабные проекты сооружения морских трубопроводов на континентальном шельфе.

В недрах континентального шельфа России содержатся колоссальные объемы углеводородов (справочно: более 13 млрд тонн нефти и около 79 трлн м3 газа).

При этом на арктические моря приходится более 85% начальных суммарных ресурсов (наибольшая доля – на моря Западной Арктики: Баренцево, Печорское и Карское).



В России на Арктическом шельфе открыто более двух десятков (26) месторождений нефти и газа, из которых семь подготовлены к разработке.

Но одновременно с открытием запасов углеводородного сырья на арктическом шельфе возникает задача их транспортировки.

В настоящее время наиболее распространены два варианта – вывоз танкерами или доставка по трубопроводам. Второй вариант имеет больше преимуществ, поскольку дает возможность бесперебойной поставки сырья к берегу независимо от погодных условий.

На этапе проектирования и строительства подводных трубопроводов чрезвычайно важны такие показатели как прочность и устойчивость, особенно когда речь идет об экстремальных условиях Арктики, где сочетается множество видов нагрузок, которые отличаются на мелководье и больших глубинах.

От выполнения всех технических требований зависит безопасность последующей эксплуатации трубопроводов.

При проведении работ в Арктической зоне надо учитывать слабое развитие инфраструктуры по сравнению с шельфами Северного моря или Мексиканского залива, ограниченность строительного сезона, сложную ледовую обстановку и другие факторы. Все это формирует новые вызовы для судостроительной отрасли, от которой требуются специальные суда ледового класса для выполнения сложных работ на континентальном шельфе Арктики, как в ходе строительства, так и при дальнейшем обслуживании морских сооружений.

Также хотелось бы озвучить, что одной из составляющих реализации программы «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года» является создание морской инфраструктуры, включающей морские трубопроводы, в том числе промысловые.

Для решения поставленных задач нужны современные шельфовые технологии.

Текущие и перспективные потребности науки и практической морской деятельности требуют существенного повышения эффективности технических средств, обеспечивающих выполнение широкого спектра работ.

Переход на качественно новый уровень эффективности возможен только на основе массового применения робототехнических систем и комплексов (подводной техники, безэкипажных катеров различного назначения, беспилотных летательных аппаратов морского базирования), построенных на принципах интеллектуального управления.

Следующий блок вопросов касается безопасной эксплуатации морских трубопроводов, технологий диагностики и ремонта оборудования, мероприятий по устранению рисков и защите окружающей среды.

На современном этапе развития науки и технологий большое внимание уделяется разработке телеуправляемых подводных аппаратов, что открывает широкие перспективы для проведения исследований, монтажа и обслуживания подводных объектов. Это далеко не полный перечень важнейших задач, которые решают российские разработчики.

**Саадулаев Хаджимурат Саадулаевич,
начальник отдела Департамента
машиностроения для топливно
энергетического комплекса.**

Государственная поддержка создания отечественной системы подводной добычи углеводородов



С целью формирования на территории Российской Федерации уникальных компетенций в области проектирования, изготовления, проведения комплексных испытаний и сертификации оборудования систем подводной добычи углеводородов (далее – СПД), а также снижения рисков влияния санкционных ограничений¹ Минпромторгом России совместно с ПАО «Газпром» организовано системное взаимодействие в части выполнения опытно-конструкторских работ (далее – ОКР) по созданию отечественной системы добычи углеводородов.

С целью формирования на территории Российской Федерации уникальных компетенций в области проектирования, изготовления, проведения комплексных испытаний и сертификации оборудования систем подводной добычи углеводородов (далее – СПД), а также снижения рисков влияния санкционных ограничений

Минпромторгом России совместно с ПАО «Газпром» организовано системное взаимодействие в части выполнения опытно-конструкторских работ (далее – ОКР) по созданию отечественной системы добычи углеводородов.

В 2017 г. между Минпромторгом России и ПАО «Газпром» подписано соглашение о сотрудничестве в сфере развития подводно-добычных комплексов, осуществляемое в рамках государственной программы Российской Федерации «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013-2030 гг.» (далее – Соглашение).

Приказом Минпромторга России² образована Межведомственная рабочая группа по снижению зависимости российского топливно-энергетического комплекса (далее – ТЭК) от импорта оборудования.

В рамках данной рабочей группы действует Научно-технический совет по развитию нефтегазового оборудования (далее – НТС)³. В составе НТС сформированы экспертные группы, в частности группа «Подводные добычные комплексы», деятельность которой направлена на создание от-

ечественного оборудования для освоения морских нефтегазовых месторождений. Руководство указанной группой и координация ее работы возложены на ПАО «Газпром».

В рамках Соглашения в 2017 г. экспертной группой «Подводные добычные комплексы» сформированы предложения по выполнению 11 ОКР, направленных на создание основного оборудования СПД. В качестве соисполнителя государственных контрактов приняла участие компания специального назначения ООО «Газпром 335»⁴.

Объем государственного финансирования ОКР на период 2017-2019 г. составил 3 млрд 446 млн руб.

По итогам выполнения ОКР отечественными предприятиями освоены технологии изготовления новых материалов и производства оборудования, а также сформированы компетенции по его проектированию и последующему сервисному обслуживанию.

В настоящее время Минпромторгом России проводится работа по передаче исполнителями государственных контрактов опытных образцов оборудования СПД в высшие учебные заведения, в целях отработки навыков взаимодействия с реальным оборудованием и его элементами, а также совершенствования и дальнейшего развития системы подготовки высококвалифицированных специалистов для морского нефтепромышленного дела.

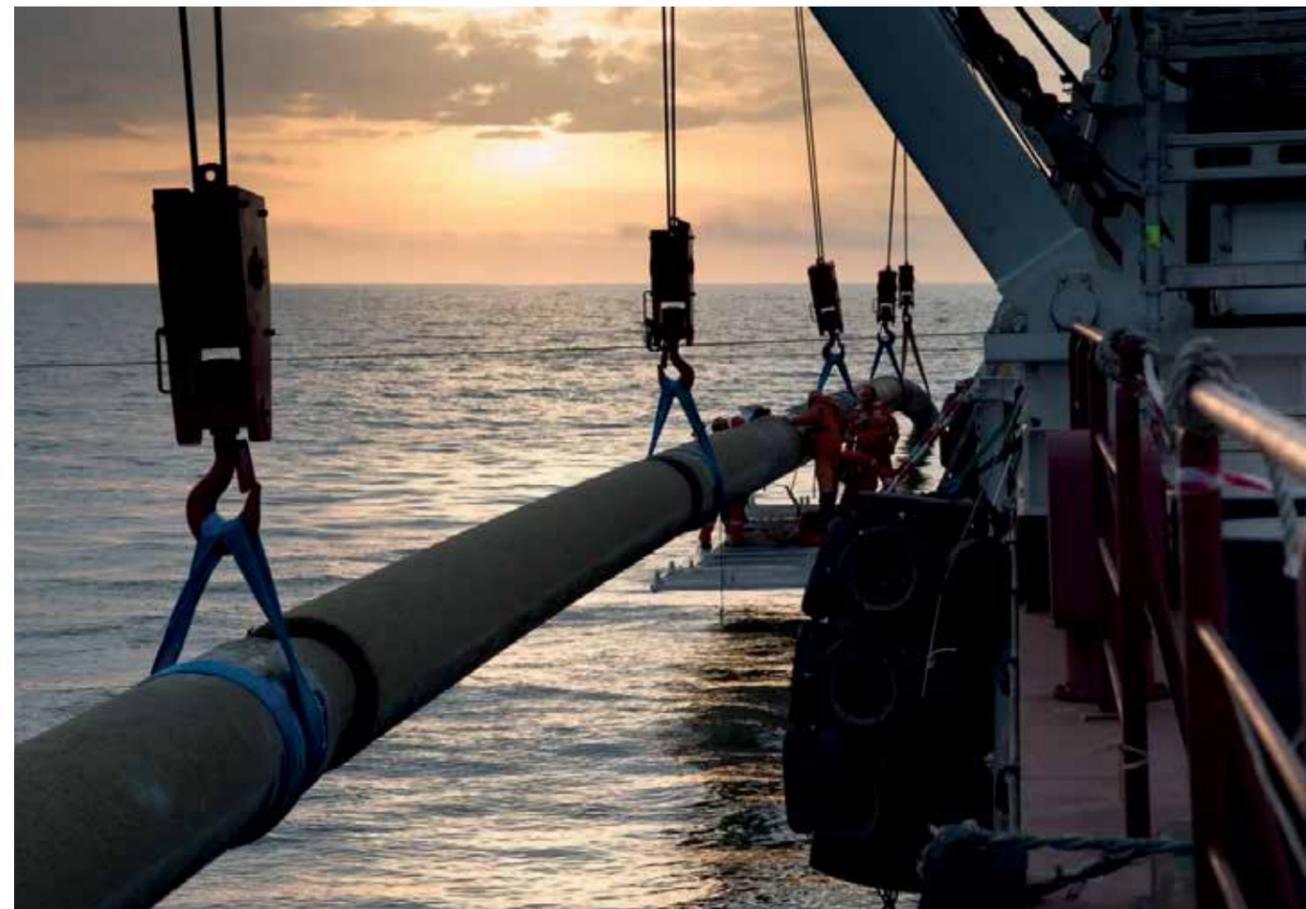
С целью обеспечения коммерциализации данных разра-

¹ Отраслевые санкции 2015 года в отношении российской экономики на Южно-Киринское месторождение, включающие ограничения в отношении поставок, экспорта, прямого или непрямого реэкспорта, а также предоставления технологий для разведки и обустройства шельфовых глубоководных, арктических или сланцевых проектов.

² от 29 декабря 2014 г. № 2784

³ Утвержденный приказом Минпромторга России от 29 января 2015 г. № 126.

⁴ Создана ПАО «Газпром» в 2016 г. для реализации проектов по разработке отечественного оборудования СПД.



боток в 2019 г. между ООО «Газпром 335» и АО «ВКО «Алмаз-Антей» заключен долгосрочный договор на серийное производство, поставку, техническое, сервисное и ремонтное обслуживание подводного оборудования⁵ для нужд ПАО «Газпром».

По результатам положительных испытаний оборудования СПД и подтверждения требуемых характеристик по надежности и безопасности будет принято решение о тиражировании технических решений в рамках реализации его применения в шельфовых проектах ПАО «Газпром».

ПАО «Газпром» создан Интегрированный проектный офис «Сахалин» по реализации инвестиционных проектов (далее – Интегрированный проектный офис «Сахалин»), в рамках которого рассматриваются вопросы внедрения отечественного оборудования СПД на Киринском и Южно-Киринском месторождениях.

В январе 2022 г. на базе ООО «Газпром 335» для координации процесса интеграции отечественного оборудования подводной добычи сформирована временная рабочая группа, в состав которой включены представители профильных департаментов и дочерних обществ ПАО «Газпром», производителей оборудования СПД и подрядчика по обустройству Южно-Киринского месторождения.

Во исполнение решений, принятых на выездном заседании Комитета Совета директоров ПАО «Газпром» по импортозамещению и технологическому развитию, сформировал планы мероприятий по внедрению оборудования производства АО «ВКО «Алмаз-Антей» на Южно-Киринском месторождении ПАО «Газпром», обустройство которого запланировано в 2025 году.

⁵ В категорию «подводное оборудование» входят: система подводных колонных головок, фонтанная арматура, подвеска насосно-компрессорных труб, система соединения 20" и 32"



В рамках стратегической сессии в Правительстве Российской Федерации на тему «Промышленность и новые подходы к импортозамещению», состоявшейся 12 июня 2022 г., в докладе Минпромторга России отражены предложения о выделении бюджетных средств на период 2023-2025 годов в размере 2,7 млрд на поддержку выполнения перспективных ОКР, направленных на создание сервисного оборудования СПД.



НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ СОЮЗ «Управление рисками, промышленная безопасность, контроль и мониторинг» (Научно-промышленный союз «РИСКОМ»)

Научно - промышленный Союз «Управление рисками, промышленная безопасность, контроль и мониторинг» (Научно промышленный союз «РИСКОМ») образован в 2004 году ведущими российскими компаниями, работающими в области обеспечения промышленной безопасности и производстве оборудования для неразрушающего контроля.

Идея объединившая Союз - создание независимого органа объединяющего опыт ведущих компаний работающих в различных областях обеспечения промышленной безопасности, инженерного сообщества профессионалов-специалистов разработчиков новых методов контроля, методик технического диагностирования, производителей диагностических приборов и оборудования, диагностов практиков непосредственно осуществляющих контроль и обследования технологического оборудования, экспертизу промышленной безопасности ОПО.

Целью образования Союза - совершенствование системы промышленной безопасности и предупреждения чрезвычайных ситуаций, оценка и осмысление мирового опыта в области управления рисками путем объединения опыта организаций эксплуатирующих опасные объекты, разработчиков технологий и средств неразрушающего контроля, научных организаций, координации исследований и разработок в данной области (НИОКР, раз-

работка новых методов и средств контроля), для выработки комплексного, согласованного подхода к решению проблемы снижения рисков. Стандартизации технологий диагностирования, развития методов и средств технической диагностики.

Главная задача Союза – консолидация усилий его участников в целях комплексного решения проблем обеспечения безопасной эксплуатации и надежности промышленных объектов повышенной опасности на основе передовых достижений науки и техники; создание адекватных технических регламентов и нормативов в области управления рисками и системы промышленной безопасности, отвечающих современным требованиям международных и национальных технических стандартов, а также требованиям Федеральных законов «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и «О техническом регулировании в РФ».

Основными направлениями деятельности союза являются:

- создание систем комплексной диагностики, в том числе мониторинговых, оказание высококвалифицированных услуг при обследовании и экспертизе промышленной безопасности, разработка и производство современного оборудования для неразрушающего контроля объектов любой сложности, отвечающих современному уровню развития науки и техники;

- участие в разработке технических регламентов и создание методик, позволяющих с высокой степенью достоверности оценивать состояние объектов контроля, выявлять опасные в аварийном отношении участки в реальном масштабе времени с минимальными материальными затратами;
- стандартизации технологий и средств диагностирования.

Организациями Членами Союза накоплен уникальный опыт проведения экспертизы промышленной безопасности и технической диагностики объектов различной сложности, прежде всего в нефтегазовой и нефтехимической отрасли, разработки и внедрения



мониторинговых систем, разработки и изготовления приборов и оборудования для проведения всех видов неразрушающего контроля, подготовки нормативно-технической и методической документации.

Со времени своего основания НПС «РИСКОМ» превратился в универсальный инструмент продвижения передовых идей в области обеспечения промышленной безопасности, своего рода уникальную площадку общения специалистов практиков, обмена мнениями и выработки согласованных решений по широкому кругу вопросов промышленной безопасности и неразрушающего контроля. Начиная от решения проблем нормативного обеспечения новейших методов и методик контроля, принятия стандартов качества оказываемых услуг, совместного продвижения отечественных компаний на зарубежные рынки до разработки этических норм поведения участников рынка экспертных и диагностических услуг. В настоящее время в НПС «РИСКОМ» действуют научно-технические советы и рабочие группы по мониторингу технического состояния, оценкам промышленных рисков, по методам неразрушающего контроля, разработке технических регламентов и др. Собрана уникальная библиотека трудов участников Союза, насчитывающая несколько сотен позиций, в том числе, вошедших в энциклопедическое издание «Безопасность России». При непосредственном участии Союза Разработаны десятки отраслевых и межведомственных Стандартов, ФНП, ГОСТ Р, СТО, методических указаний (МУ) и Руководящих документов по тематике промышленной безопасности и неразрушающему контролю.

Одним из важнейших направления деятельности Союза является про-

НПС «РИСКОМ» принимает самое активное участие в создании и становлении отечественной отрасли ремонта морских трубопроводов, что позволяет обеспечить технологическую независимость Российской Федерации в стратегической отрасли добычи углеводородов на шельфе.

ведение специализированных научно-практических конференций, международных школ-семинаров по неразрушающему контролю и промышленной безопасности, участие в подготовке и проведении Всероссийского конкурса специалистов НК.

НПС «РИСКОМ» активно участвует в обучении и сертификации специалистов в области промышленной безопасности, специалистов по неразрушающим методам контроля, сертификации и аккредитации экспертных организаций по промышленной безопасности, лабораторий неразрушающего контроля.

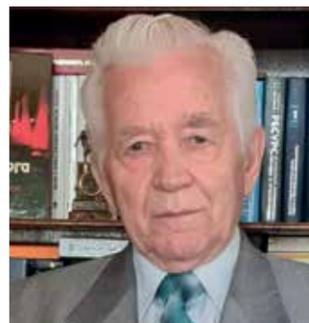
За время работы Союза проведены десятки конференций, подготовлены и сертифицированы несколько тысяч специалистов по неразрушающему контролю

НПС «РИСКОМ» принимает самое активное участие в создании и становлении отечественной отрасли ремонта

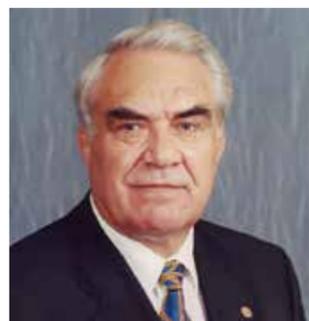
морских трубопроводов. Все технологии ремонта морских трубопроводов и стандарты проходят экспертизу в Научно-Техническом Совете Союза, что позволило создать производственную инфраструктуру, заложить базу нормативного обеспечения отрасли и нарабатывать серьезный практический опыт, что позволило обеспечить технологическую независимость Российской Федерации в стратегической отрасли добычи углеводородов на шельфе. При этом, разработанные технологии не уступают, а по некоторым параметрам значительно превосходят лучшие зарубежные решения.

На сегодня НПС «РИСКОМ» является одним из наиболее авторитетных и ответственных инженерных сообществ в области ПБ. Сотрудничество с Ростехнадзором, Советом безопасности РФ, академическими институтами позволяет участвовать в формировании государственной политики в данной области.

Анатолий Михайлович Лепихин,
д.т.н., НТЦ «Нефтегаздиагностика»



Николай Андреевич Махутов,
член-корреспондент РАН,
ИМАШ им.А.А.Благоданова



Виктор Викторович Лещенко,
к.т.н., НТЦ «Нефтегаздиагностика»

Геннадий Иосифович Шмаль, Союз
нефтегазопромышленников России

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Аннотация. Рассматривается современное состояние проблем обеспечения безопасности морских подводных трубопроводов. Проблемы обсуждаются в рамках парадигмы обеспечения структурной целостности и безопасности МПТ по критериям риска на всех стадиях жизненного цикла. Переход к риск-ориентированной парадигме требует решения ряда сложных научно-методических и технических проблем, анализируемых в данной работе.

Ключевые слова: морские подводные трубопроводы, безопасность, риск, нормы, дефекты, расчет, ремонт.



В соответствии с Морской доктриной Российской Федерации эффективное функционирование морских подводных трубопроводов углеводородного сырья имеет стратегическое значение для экономики страны. Основная задача морской политики заключается в повышении безопасности морских подводных трубопроводов (МПТ) и предотвращение аварий и катастроф. Безопасность МПТ обеспечивается использованием современных методов проектирования и технологий строительства, применением новых конструкционных материалов, методов и средств технического диагностирования и ремонтов. Особое внимание уделяется нормативно-правовому регулированию морского трубопроводного транспорта. Парадигма этого регулирования направлена на обеспечение структурной целостности и безопасности МПТ по критериям риска на всех стадиях жизненного цикла. Переход к риск-ориентированной парадигме требует решения нескольких сложных научно-методических и технических проблем.

Первая проблема заключается в анализе риска аварий МПТ. Анализ аварийности является одной из основных процедур обеспечения безопасности и оценки риска. В настоящее время данные по авариям трубопроводных систем наиболее полно представлены в статистических базах PARLOC и DOT (USA), EGIG и CONCAWE (Europe), UKOPA (UK) и др. [1-4]. В таблице 1 представлены сравнительные данные PARLOC по частоте отказов наземных и морских трубопроводов.

Как видно из таблицы, диапазоны интенсивностей отка-

зов МПТ в целом сопоставимы с интенсивностями отказов наземных трубопроводов. Существенной разницы интенсивностей отказов магистральных и промысловых трубопроводов не отмечается.

Основными причинами аварий МПТ являются: коррозия (50%), механические повреждения от воздействия якорей и тралов (20%), и повреждения, вызванные штормами и разрывами дна (12%). При этом большинство аварий и инцидентов происходит в непосредственной близости от платформ.

Анализ интенсивностей отказов является первой частью анализа риска. Вторую часть составляет анализ связанных с этими отказами ущербов и потерь. Статистических данных по суммам ущербов гораздо меньше, чем по отказам. Наиболее известной является база данных PHMSA, входящая в базу DOT [5]. Согласно этой базе за период 2002 – 2014 годы сумма ущерба от аварий МПТ (306 событий) составила 514 млн. \$. Средние ущербы от аварий на газопроводах составляют $10^5 - 10^6$ \$, при максимальных ущербах 10^9 \$ (Табл. 2), а на нефтепроводах средние ущербы составляют $10^4 - 10^5$ \$, при максимальных ущербах 10^8 \$ (Табл. 3). При этом потери газа при авариях достигают 10^6 MCF (Milia (thousand) Cubic Feet), а потери нефти до 10^5 BBL (barrel).

По данным базы CONCAWE [6] ущербы от аварий нефтепроводов в США за период 1974 – 2002 годы составили $17 \times 10^5 - 15 \times 10^7$ \$. Суммарный ущерб от аварий за период 1994-2012 годов составил 5.88×10^9 \$. При этом стоимость

Таблица 1 – Интенсивности отказов наземных и подводных газопроводов

Интенсивности отказов 1/км x год	Магистральные газопроводы	Промысловые газопроводы	Магистральные нефтепроводы	Промысловые нефтепроводы
Наземные трубопроводы				
Среднее значение	2.05×10^{-4}	2.05×10^{-4}	1.26×10^{-3}	3.43×10^{-3}
Стандартное отклонение	7.83×10^{-6}	4.35×10^{-5}	1.48×10^{-5}	3.07×10^{-4}
Нижняя 80% граница	1.95×10^{-4}	1.94×10^{-4}	1.24×10^{-3}	3.03×10^{-3}
Верхняя 80% граница	2.15×10^{-4}	3.06×10^{-4}	1.30×10^{-3}	3.83×10^{-3}
Подводные трубопроводы				
Среднее значение	1.89×10^{-3}	6.24×10^{-4}	3.34×10^{-4}	5.01×10^{-4}
Стандартное отклонение	1.93×10^{-4}	9.40×10^{-5}	8.11×10^{-5}	2.89×10^{-4}
Нижняя 80% граница	1.65×10^{-3}	5.06×10^{-4}	2.30×10^{-4}	5.06×10^{-4}
Верхняя 80% граница	2.14×10^{-3}	7.47×10^{-4}	4.38×10^{-4}	7.47×10^{-4}

Таблица 2 – Масштабы ущербов от аварий газопроводов

Трубопроводы	Утечки продукта, MCF		Ущерб, \$	
	Средние	Максимальные	Средние	Максимальные
Наземные газопроводы				
Магистральные	$10^3 - 10^4$	10^6	$10^5 - 10^6$	10^9
Промысловые	$10^3 - 10^4$	10^5	$10^4 - 10^5$	10^6
Подводные газопроводы				
Магистральные	$10^3 - 10^4$	10^5	10^5	10^7
Промысловые	$10^3 - 10^4$	10^5	10^5	10^6

Таблица 3 – Масштабы ущербов от аварий на нефтепроводах

Трубопроводы	Утечки продукта, BBL		Ущерб, \$	
	Средние	Максимальные	Средние	Максимальные
Наземные газопроводы				
Магистральные	10 ¹ – 10 ²	10 ⁵	10 ⁴ – 10 ⁵	10 ⁹
Промысловые	10 ¹	10 ⁴	10 ⁴ – 10 ⁵	10 ⁶
Подводные газопроводы				
Магистральные	10 ¹	10 ²	10 ⁵ – 10 ⁶	10 ⁷
Промысловые	- (нет данных)	-	-	-

ремонта береговых трубопроводов США без потери герметичности составляет 2x10⁵ – 4x10⁵ \$, ремонт нарушений герметичности 2x10⁶ – 5x10⁶ \$, а устранение крупных аварий требует затрат свыше 5x10⁷ \$.

При указанных выше данных средний риск аварии МПТ составляет не менее одной тысячи долл./км x год. При общей протяженности трубопроводов около 150 тыс. км ежегодный риск может измеряться суммой не менее 150 млн. долл.

Вторая часть проблемы анализа риска заключается в обосновании нормативных классов безопасности МПТ. Наличие таких классов позволяет оценивать соответствие отмеченных выше уровней риска заданным уровням безопасности. В настоящее время классы безопасности определены в стандартах Канады, Норвегии и России [7 – 9]. Однако указанные стандарты дают качественное описание уровней ущербов, без оценок стоимости потерь (табл. 4).

Резюмируя изложенное, можно констатировать, что имеющиеся базы данных по авариям и ущербам содержат необходимые сведения для анализа интенсивностей отказов и масштабов ущербов. Однако различия в составе данных, методах предварительного анализа, климатических и географических условий и технических факторах затрудняют анализ риска. Другой сложностью является отсутствие согласованных классов безопасности МПТ, что не позволяет проводить оценки риска и устанавливать нормативные уровни допустимого риска аварий.

Вторая проблема заключается в нормативном обосновании безопасности МПТ на всех стадиях жизненного цикла. Базой проектирования и строительства МПТ служат нормативные документы, в которых регламентированы принципы и нормы расчетных обоснований конструкций и технологий. В отечественной практике исходным документом для МПТ можно считать рекомендации [10] и нормы [11].

Новая система стандартов в области проектирования и эксплуатации морских подводных трубопроводов начала формироваться с введением в действие Федерального закона «О промышленной безопасности» (116-ФЗ). С учетом требований гармонизации отечественных норм с зарубежными стандартами были разработаны нормы [12], учитывающие опыт международных нормативных документов серий BS 8010, API 5L, ASME BS31.8 и DNV-OS-F101. Затем был разработан ГОСТ Р 54382–2011 [9]. Фактически эти стандарты являются переводами зарубежных стандартов DNV-OS-F101 [13], без каких-либо особых оговорок по использованию в отечественной практике. Помимо указанного, были разработаны общие требования к проектированию и строительству МПТ [14].

Отдельную группу отечественных стандартов по МПТ составляют нормы Российского морского регистра судоходства [15, 16]. Именно они предлагались в качестве основы для разработки ГОСТ Р 54382–2011. Особенность этих стандартов заключается в том, что они основаны на отечественной методологической базе расчетов прочности и устойчивости трубопроводов, не уступающей концепциям расчетов по зарубежным стандартам. Следует отметить, что в отличие от указанного ГОСТ эти стандарты используют методы расчета прочности и устойчивости по допускаемым напряжениям.

Зарубежный опыт создания нормативной базы МПТ включает несколько систем стандартов. Наиболее развитой является система стандартов DNV, отраженная в документе DNVGL-ST-F101 [17]. Философия норм DNV основана на концепции расчетов по предельным состояниям, с учетом классов безопасности трубопроводов. Базовые расчеты дополняются специализированными расчетами колебаний трубопроводов в зонах свободных пролетов, устойчивости трубопроводов, учетом влияния циклических пластических деформаций, влияния коррозии и рядом других расчетов.

Таблица 4 – Классы безопасности морских подводных трубопроводов [8]

Классы безопасности	Вероятности отказов	Ущерб для жизни	Экологический ущерб (утечки продукта), тонн	Экономический ущерб (останов производства)
Класс 1	< 10 ⁻⁵	Пострадавших нет	0	0 дней
Класс 2	10 ⁻⁵ ...10 ⁻⁴	Серьезные травмы, один погибший	< 103	< 1 месяца
Класс 3	10 ⁻⁴ ...10 ⁻³		10 ³ ...10 ⁴	1-3 месяца
Класс 4	10 ⁻³ ...10 ⁻²		10 ⁴ ...10 ⁵	3-12 месяцев
Класс 5	> 10 ⁻²	Более одного погибшего	≥ 10 ⁻⁵	> 12 месяцев

Менее детализированными являются американские нормы серий ASTM и API, британские нормы BS и стандарты серии ISO.

Указанные выше нормы постоянно совершенствуются и развиваются. При этом выделяются следующие области нормативного регулирования: общие технические требования, менеджмент целостности МПТ, анализ целостности МПТ, анализ риска МПТ.

Отечественная практика совершенствования норм пока основывается на установлении директивных общих требований обеспечения безопасности морского трубопроводного транспорта нефти и газа путем соответствующей организации и порядка проведения работ по их обследованию, эксплуатации и ремонту. Детальная нормативно-техническая документация, регламентирующая организацию, проведение и контроль этих работ на федеральном уровне отсутствует, поскольку предполагается, что она будет разрабатываться на уровне организаций и предприятий. Однако отсутствие координации работ привело к тому, что сформировалась разнородная структура норм и стандартов, существенно различающихся концептуальными положениями и методами. Важно отметить, что формальный подход к гармонизации отечественных и зарубежных норм не устранил существенные расхождения отечественной и зарубежной практики обеспечения безопасности МПТ.

Резюмируя анализ стандартов и норм, можно констатировать следующее. Во-первых, существующие нормативные документы отражают уже накопленный опыт проектирования, строительства и эксплуатации трубопроводов. Внедрение новых технологий, расширение диапазонов рабочих параметров, строительство в уникальных природно-климатических условиях, применение новых материалов и оборудования требуют постоянной корректировки нормативной документации. Во-вторых, многие особенности инженерных решений строительства и эксплуатации морских трубопроводов, в стандартах сформулированы недостаточно четко или отсутствуют вовсе. В-третьих, прямая перенос положений зарубежных норм на отечественную практику проектирования и эксплуатации морских подводных трубопроводов представляется крайне проблематичным в силу различий базовых положений, нормативных характеристик механических свойств, коэффициентов запасов и условий эксплуатации.

Третья проблема заключается в оценке опасности дефектов МПТ, выявляемых методами внутритрубной диагностики (ВТД). Прогресс методов и средств ВТД приводит к выявлению большого числа дефектов и повреждений. Поскольку МПТ является дорогостоящей структурой, остановка и ремонт которой связан с большими затратами, возникает необходимость оперативной оценки опасности дефектов.

Основную массу дефектов МПТ составляют поверхностные коррозионные повреждения. В большинстве нормативных документов опасность дефектов этого типа оценивается на основе расчета допустимого рабочего давления:

$$[P] \leq P_f \times RF \quad (1)$$

где P_f – давление разрушения для бездефектной трубы; RF – коэффициент снижения прочности из-за наличия дефекта (риск-фактор дефекта).

Риск-фактор дефекта определяется с учетом его формы и размеров, а также поправки Фолиаса, учитывающей кривизну поверхности трубы [18, 19]:

$$RF = \frac{1 - k_f \times (A/A_0)}{1 - k_f \times (A/A_0) Q^{-1}} = \frac{1 - k_f \times (h/t)}{1 - k_f \times (h/t) Q^{-1}} \quad (2)$$

где A/A₀ – отношение площадей сечения дефекта и номинального сечения стенки трубы, характеризующее уровень потери металла; k_f – коэффициент формы дефекта; Q

– коэффициент Фолиаса; h – глубина дефекта; t – толщина стенки трубы.

Коэффициент Фолиаса получен из аналитического решения задачи о напряженном состоянии цилиндрической оболочки с трещиной [20]:

$$Q = f_e(\lambda) + f_b(\lambda) \times \chi(\lambda), \quad (3)$$

$$\text{где } \lambda = \sqrt[4]{\frac{3(1-\nu^2)l^4}{D^2 t^2}}$$

f_e – функция, учитывающая растяжение; f_b – функция, учитывающая изгиб; l – длина дефекта; D – диаметр трубы; t – толщина стенки трубы; ν – коэффициент Пуассона.

Коэффициент формы k_f зависит от принятой аппроксимации произвольного контура реального дефекта (прямоугольник k_e = 1, парабола k_e = 2/3, смешанная форма k_e = 0.85). Из выражений (1) и (2) можно получить выражение для допустимой глубины дефекта при заданной длине:

$$h/t \leq \frac{1}{\gamma_d k_f R_d \gamma_s \sigma_e} \frac{R_d \gamma_s \sigma_e}{\gamma_d k_f R_d \gamma_s \sigma_e Q^{-1}} \quad (4)$$

где R_d – расчетная характеристика механических свойств металла; σ_e – эквивалентные напряжения; γ_s и γ_d – частные коэффициенты запаса по безопасности и по размеру дефекта.

Выражение (4) позволяет получать диаграммы допустимых размеров дефектов, в том числе с учетом класса безопасности трубопровода (рис. 1). Переменными величинами в расчетах допускаемых давлений и глубины дефекта являются R_d, Q, k_f, γ_s и γ_d. Используемые в разных стандартах значения или диапазоны значений этих переменных приводят к широкому интервалу расчетных величин рабочих давлений и глубины дефектов при одних и тех же исходных данных. Причем уровень консерватизма получаемых оценок остается неопределенным. В связи с этим нужно с осторожностью относиться к использованию зарубежных норм в отечественной практике.

Чрезмерное увлечение зарубежными методиками оценки опасности дефектов привело к приостановке развития оригинальных отечественных разработок, основанных на критериях предельной прочности и пластичности [21, 22]:

$$\Theta_u = \frac{\epsilon_i \cos \varphi}{\epsilon_{iu}} + \frac{\epsilon_0}{\epsilon_{ou}} = 1, \quad \Theta_c = \frac{\epsilon_i}{\epsilon_{ic}} + \frac{\epsilon_0}{\epsilon_{oc}} = 1 \quad (5)$$

где ε_i – интенсивность деформаций; ε₀ – объемная деформация; φ – деформационный параметр; ε_{iu} – предельная интенсивность деформаций; ε_{ou} – предельная объемная деформация; ε_{ic} – разрушающая интенсивность деформации; ε_{oc} – разрушающая объемная деформация.

Для определения указанных критериев требуется расчет компонентов напряженно-деформированного состояния – кольцевых и продольных напряжений и деформаций. Эти компоненты определяются для бездефектной трубы и для трубы с дефектами. В последнем случае вычисляются коэффициенты концентрации напряжений и деформаций для компонент кольцевых σ_φ и продольных σ_z напряжений по формулам

$$\alpha_\phi = \frac{1 + \eta \alpha_0}{2\eta} + \frac{1 + \eta \alpha_0}{2\eta} \operatorname{tg} \left\{ \frac{\sqrt{3}}{2} (1 + \eta \pi - \pi) \right\} \quad (9)$$

$$\alpha_z = \frac{\pi \eta + 1 (1 - \eta) \sin \beta}{\eta \{ \pi - \beta (1 - \eta) \}} + \frac{(\alpha_0 - 1) (\pi - \beta)}{\pi} \quad (10)$$

$$\text{где } \eta = 1 - \frac{h}{t}; \quad \alpha_0 = 3 - 2^{(3\eta - 2)/2\eta}; \quad l = \frac{L}{\sqrt{(0.5D(t-h)}}; \quad \beta = \frac{w}{D};$$

h – глубина дефекта; w – ширина дефекта по окружности трубы; L – длина дефекта по образующей трубы; D, t – диаметр и толщина стенки трубы.

Недостаток этого подхода заключается в сложном алго-

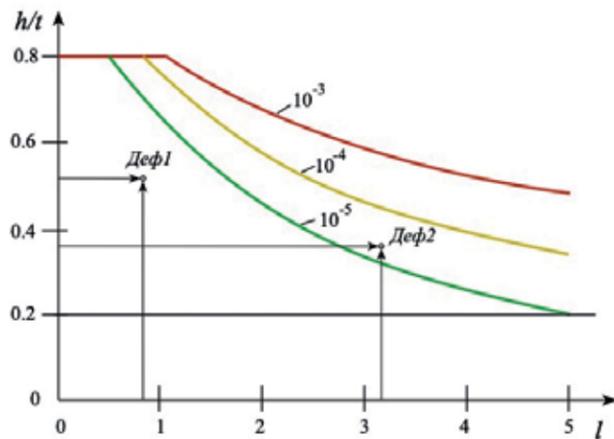


Рисунок 1 – Диаграмма допустимых размеров дефектов с учетом вероятностного разрушения

L_r), находится внутри диаграммы, т.е. $I(K_r, L_r) \in \Omega_S$, то разрушение не происходит. Если $I(K_r, L_r) \in \Omega_R$, то возможно хрупкое, квазихрупкое или вязкое разрушение. Важно отметить, что механизм разрушения здесь не задается априори, а определяется соотношением величин K_r и L_r .

Существенным аспектом проблемы оценки опасности дефектов является учет случайных рассеяний размеров дефектов, характеристик механических свойств и нагрузок. В действующих отечественных и зарубежных нормах расчета этот учет выполняется назначением соответствующих коэффициентов безопасности. Вероятностные расчеты проводятся крайне редко.

Резюмируя изложенное, можно отметить, что проблема категорирования дефектов на опасные и неопасные или критические, докритические и незначительные сохраняет свою актуальность, не смотря на постоянное совершенствование нормативно-методической базы.

Четвертая проблема заключается в обосновании ремонтов МПТ в процессе эксплуатации. Как отмечено выше, коррозионные повреждения, образование трещин, механические повреждения могут приводить к нарушению целостности и работоспособности МПТ. Для восстановления работоспособности в настоящее время используется две технологии ремонта:

- замена дефектных труб под водой или с подъемом МПТ на морскую поверхность;
- усиление поврежденных участков стальными и композитными муфтами в подводном положении.

Данные технологии используют большой набор методов [17]. Выбор технологии и метода ремонта определяется характером повреждения, природно-климатическими, гидрологическими и экономическими факторами. Ремонт заменой труб проводится в случаях повреждений, сопровождаемых нарушениями целостности, разрушениями или большими деформациями МПТ. Для повреждений без нарушения целостности наиболее рациональной считается технология усиления МПТ. Наиболее прогрессивным и надежным методом ремонта МПТ считается метод установки усиливающих композитных муфт [25]. В нормативных методах обоснования усиления с использованием композитных муфт определяются расчетная длина муфты, толщина композита и расчетное рабочее давление в ремонтируемом трубопроводе [26, 27]. В отечественной практике разработаны и сертифицированы принципиально новые одно-двухразъемные конструкции стеклопластиковых муфт с болтовой затяжкой и безмоментным нагружением в процессе монтажа. Такие муфты могут устанавливаться на МПТ под рабочим давлением. Для повышения жесткости МПТ поверх композитной муфты часто устанавливаются стальные муфты, заполняемые полимербетоном. Технологии ремонта МПТ с использованием указанных конструкций отражены в ряде стандартов предприятий. Однако особенности напряженно-деформированного состояния многослойной конструкции «труба с дефектом – композитная муфта – стальная муфта» детально не рассматриваются. Отдельного внимания заслуживает анализ влияния контактного давления композитных муфт на прочность МПТ с дефектами. Установка разъемных композитных муфт приводит к тому, что усилия, возникающие в системе «труба - муфта», создают неосесимметричное напряженно-деформированное состояние в стенках трубы. В узлах затяжки действуют значительные радиально направленные усилия, которые приводят к изгибу трубы, как в плоскости ее сечения, так и в плоскости образующих. Силы трения по площади контакта полотна муфты с трубой также создают изгиб сечений оболочки при затяжке муфты. Строгое аналитическое решение данной задачи получить очень сложно.

Анализ технологий ремонта морских подводных трубопроводов путем установки композитных муфт показы-

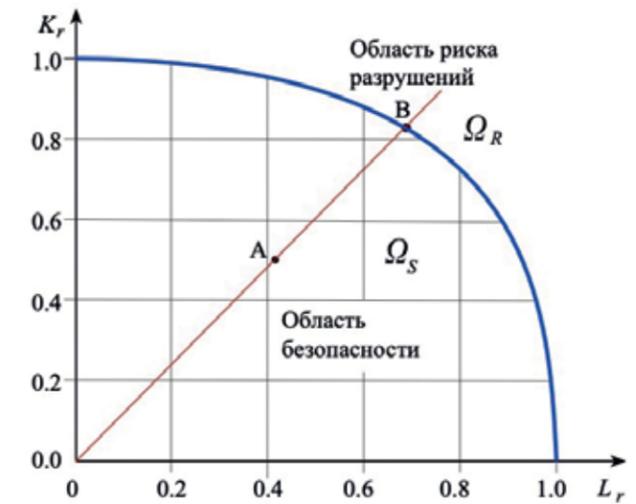


Рисунок 2 – Диаграмма разрушения (а) и диаграмма трещиностойкости (б)

вает, что в них используются типовые, проверенные практикой решения и усиливающие конструкции. Однако ни одна из технологий ремонта не имеет нормативного обоснования достигаемого уровня безопасности МПТ. Для используемых усиливающих конструкций не проводятся поверочные расчеты прочности и оценки риска аварий с учетом особенностей поврежденного участка, гидродинамических и рабочих нагрузок. В связи с этим особую актуальность приобретает разработка и нормирование методов поверочных расчетов по обоснованию безопасности МПТ при выборе технологии ремонта и после его проведения.

ритме расчета, требующего решения системы уравнений методом последовательных приближений. Вследствие этого не удастся получить явные выражения для допустимых величин давлений и размеров дефектов.

Опасность трещиноподобных дефектов МПТ в зарубежных и ряде отечественных стандартов оцениваются методами механики разрушения, с использованием диаграммы разрушения (FAD) Dowling и Townley [23]. В стандарте BS 7910 используется трехуровневая система расчетов на основе FAD. Для первого и второго уровней диаграмма разрушения задается в форме:

$$K_r = (1 - 0.14L_r^2) \{0.3 + 0.7 \exp(-0.5\mu L_r^6)\} \quad (8)$$

где $K_r = K_I / K_{Ic}$, $L_r = \sigma / R_y$; K_I – коэффициент интенсивности напряжений в вершине трещины; K_{Ic} – критическое значение коэффициента интенсивности напряжений; σ – напряжения в сечении трубы с трещиной; R_y – предел текучести металла трубы; μ – характеристика материала.

Недостаток подхода FAD заключается в том, что он разработан для условий малых пластических зон в вершине дефекта. Для случаев развития трещин в условиях больших пластических деформаций этот подход дает существенные погрешности.

Альтернативой описанному подходу является метод расчета на основе диаграммы трещиностойкости Е.М. Морозова [24]:

$$\left(\frac{\sigma}{\sigma_c}\right)^a + \left(\frac{K}{I_c}\right)^2 \leq 1 \quad (10)$$

где σ_c – напряжение разрушения для элемента конструкции с трещиной; σ – напряжение в сечении элемента конструкции с трещиной; K – коэффициент интенсивности напряжений для трещины; I_c – предел трещиностойкости.

Особенность диаграммы трещиностойкости заключается в том, что она позволяет анализировать хрупкие, квазихрупкие и вязкие разрушения трубопроводов по механизму развития трещин.

Используя аналогию с отмеченной выше FAD, введением обозначений $K_r = K/I_c$ и $L_r = \sigma/\sigma_c$, диаграмму трещиностойкости можно представить в следующей форме: $K_r^a + L_r^2 = 1$. Этот критерий разделяет пространство возможных состояний $\Omega(K_r, L_r)$, на области безопасности и риска (рис. 2б). При заданном размере трещины траектория нагружения будет определяться прямой ОАВ.

Если расчетная точка, определяемая парой значений (K_r ,

вадет, что в них используются типовые, проверенные практикой решения и усиливающие конструкции. Однако ни одна из технологий ремонта не имеет нормативного обоснования достигаемого уровня безопасности МПТ. Для используемых усиливающих конструкций не проводятся поверочные расчеты прочности и оценки риска аварий с учетом особенностей поврежденного участка, гидродинамических и рабочих нагрузок. В связи с этим особую актуальность приобретает разработка и нормирование методов поверочных расчетов по обоснованию безопасности МПТ при выборе технологии ремонта и после его проведения.

Литература

1. PARLOC 2001: The update of loss of containment data for offshore pipelines. Energy Institute, 2003.
2. Analysis of DOT reportable incidents for gas transmission and gathering system pipelines 1985 through 2000. Contract No. PR-218-0137, Catalog No. L51885, Pipeline Research Council International, Inc., 2004. Contract No. PR-218-0137, Catalog No. L51885.
3. EGIG Report 1970-2007. European Gas Pipeline Incident Data Group (EGIG). EGIG 08.TV.0502. December 2008
4. UKOPA Pipeline Product Loss Incidents - 5th Report (1962 – 2006), Advantica report 6957, August 2007, available from www.ukopa.co.uk
5. PHMSA (2013) About us. http://www.phmsa.dot.gov/pipeline/about, accessed on 2013/02/11.
6. CONCAWE (2014d) Performance of European cross-country oil pipelines – Detailed description of reported spillages 1994-2001. CONCAWE, Brussels.
7. CSA (2004) S471-04 General requirements, design criteria, the environment and loads. National Standard of Canada. Canadian Standards Association, 5060 Spectrum Way, Suite 100, Mississauga, Ontario, Canada L4W 5N6.
8. DNV-OS-F101 Submarine pipeline systems // DNV GL: офиц. сайт. URL: https://rules.dnv.com/docs/pdf/DNVPMP/codes/docs/2013-10/
9. ГОСТ Р 54382–2011 Нефтяная и газовая промышленность. Подводные трубопроводные системы. Общие технические требования. М.: Стандартинформ, 2012.
10. Р 412-81 Рекомендации по проектированию и строительству морских подводных нефтегазопроводов. М.: ВНИИСТ, 1981. 110 с.
11. ВСН 51-9-86 Проектирование морских подводных

12. ВН 39-1.9-005-98 Нормы проектирования и строительства морского газопровода. М.: ИПЦ Газпром, 1998. 32 с.
13. DNV-OS-F101 Submarine pipeline system. DNV, 2013.
14. СП 378.1325800.2017 Морские трубопроводы. Правила проектирования и строительства. М.: Стандартинформ, 2018. 36 с.
15. НД №2-020301-005. Правила классификации и постройки морских подводных трубопроводов. СПб.: РМРС, 2017. 178 с.
16. НД №2-090601 Рекомендации по проектированию, постройке и эксплуатации морских подводных трубопроводов. СПб.: РМРС, 2019. 101 с.
17. DNVGL-ST-F101 Submarine pipeline system. DNV GL AS, 2017.
18. ASME B31G-2012 Manual for determining the remaining strength of corroded pipelines. ASME, 2012.
19. DNV RP-F101 Corroded pipelines. DNV, 2010.
20. Folias E.S. A finite crack in a pressured cylindrical shell // Int. J. Fract. Mech. 1965. Vol. 1. P. 104–113.
21. Аладинский В.В. Оценка опасности дефектов в сварных узлах нефтегазового оборудования на базе метода локальных деформаций // Защита от коррозии и охрана окружающей среды. 1997. No 1 - 2. С. 27 - 31.
22. ВРД 39-1.10-004-99 Методические рекомендации по количественной оценке состояния магистральных газопроводов с коррозионными дефектами, их ранжирование по степени опасности и определению остаточного ресурса. М.: ОАО Газпром, 2000. – 44 с.
23. Dowling A.R., Townley C.H.A. The effect of defects on structural failure: A two-criteria approach // International journal of pressure vessels and piping, 1975, V.3, Issue 2, p. 77-107.
24. Морозов Е.М., Фридман Я.Б. Анализ трещин как метод оценки характеристик разрушения // Заводская лаборатория. 1966. No 8. С. 977–984.
25. Лещенко В.В., Шуреков В.П. Особенности ремонта морских подводных трубопроводов // Промысловые трубопроводы, 2018, №5, с. 10-12.
26. DNV-RP-F113 Pipeline subsea repair. Recommended practice. DNV, 2007.
27. ASME PCC-2-2015 Repair of pressure equipment and piping.



«ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть»

Общество с ограниченной ответственностью «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть» – одно из крупнейших нефтедобывающих предприятий, занимающихся разведкой и разработкой месторождений нефти и газа в акватории Каспийского и Азовского морей. Является 100% дочерним обществом ПАО «ЛУКОЙЛ». Сокращенное наименование организации: ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть». Общество расположено по адресу: 414000, г. Астрахань, ул. Адмиралтейская д. 1 корп. 2.



Деятельность компании по обеспечению надежности трубопроводного транспорта носит комплексный и системный характер. Обладая большим опытом эксплуатации трубопроводов в различных геологических и природных условиях, ЛУКОЙЛ выбирает наилучшие инженерные решения и применяет методы, доказавшие свою эффективность.

Особое значение это имеет при реализации производственных и транспортных задач на юге России, в акваториях реки Волги и Каспийского моря. Политика компании определяется федеральным законом ФЗ-116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Правила безопасной эксплуатации внутрипромысловых трубопроводов», а также корпоративными локальными нормативными актами.

Безопасная эксплуатация объектов трубопроводного транспорта принципы которой обеспечены политикой .. нулевого сброса.., категорическим недопущением попадания продуктов нефтяного распада в природу и своевременное проведение технического диагностирования и экспертизы промышленной безопасности обеспечивает благополучное экологическое состояние данного региона, при этом учитываются и особые факторы, такие например, как защита зон нереста осетровых и заповедность прилегающих к Волге и Каспию территорий.

В качестве предиктивных мер регулярно проводится экспертиза промышленной безопасности, своевременная техническая диагностика и коррозионный мониторинг состояния трубопроводов с ранжированием по опасности выявленных аномалий и дефектов. По итогам обследований определяются потенциально опасные участки, подлежащие ремонту или замене.

Для предотвращения разливов и снижения экологических рисков ежегодно проводится подготовка трубопро-

водов к осенне-зимнему сезону и к весеннему паводку: осуществляется ревизия линейной запорной арматуры и узлов задвижек, оценка готовности средств для ликвидации аварийных разливов нефти, увеличивается частота обходов (осмотров), особенно на участках, находящихся в зоне возможного затопления или в зоне отсечения водой.

Постоянное партнерство с дружественными зарубежными профильными предприятиями в рамках задач совместно выполняемых работ по транспортировке нефтяных продуктов по маршрутам Волги и Каспия позволяет своевременно и оперативно решать задачи по обеспечению их максимальной безопасности.

В «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть» ведется плановая, в соответствии с утвержденным графиком, работа по контролю технического состояния морских подводных трубопроводов с применением внутритрубного диагностического обследования. Проводится анализ результатов ВТД в динамике, с учетом результатов предыдущих обследований. Морские подводные трубопроводы подвержены двухстороннему надзору со стороны Ростехнадзора и РМРС. Нормативная база требований Ростехнадзора по безопасной эксплуатации морских подводных трубопроводов требует детализации.

С 1995 года приоритетное направление деятельности предприятия – реализация «Каспийского проекта», предусматривающего поиск залежей углеводородного сырья в Каспийском море и их дальнейшую разработку.

На сегодняшний день в акватории Каспия открыто 9 месторождений (им. В. Филановского, им. Ю. Корчагина, им. В.И. Грайфера, им. Ю.С. Кувыкина, Хвалынского, 170 км, Центральное, Западно-Ракушечное, Рыбачье) и выявлено 10 перспективных структур с суммарными геологическими запасами категорий С1+С2 1,1 млрд. тонн условного топлива.

Первым в эксплуатацию введено месторождение име-



ни Юрия Корчагина (2010 год), расположенное в 180 км от Астрахани. Начальные извлекаемые запасы нефти составляют 26,4 млн. т, газа – 55,8 млрд. м³.

В октябре 2016 года в промышленную эксплуатацию было пущено месторождение им. В. Филановского. На торжественном мероприятии присутствовал Президент РФ Владимир Путин. Месторождение является крупнейшим из разведанных в России за последние 25 лет. Строительство платформ велось на астраханских верфях. В 2013 году установлены опорные основания, а в 2014 году смонтированы верхние строения центральной технологической платформы, ледостойкой стационарной платформы, райзерного блока и платформы жилого модуля.

Ледостойкая стационарная платформа предназначена для бурения и эксплуатации скважин. В состав платформы входят: буровой комплекс для бурения 11 наклонно-направленных скважин с горизонтальным заканчиванием ствола, эксплуатационный комплекс для сбора, замера и подачи продукции скважин на центральную технологическую платформу и энергетический комплекс. Общий вес ледостойкой платформы составляет более 15 тыс. т.

Центральная технологическая платформа предназначена для подготовки и транспортировки на берег нефти и попутного газа. Подготовка нефти осуществляется на двух технологических линиях мощностью 3 млн. т/год каждая. Общий вес платформы составляет около 21 тыс. т.

Райзерный блок предназначен для подключения внутри-промысловых трубопроводов и трубопроводов внешнего транспорта, по которым осуществляется транспортировка

нефти и газа с месторождений на Головные береговые сооружения в Республике Калмыкия.

Платформа жилого модуля рассчитана на проживание 125 человек. Над крышей жилого модуля смонтирована вертолетная площадка.

Месторождение им. В. Филановского разрабатывается в три очереди. В настоящее время добыча ведется на всех трех очередях, включая блок-кондуктор, функционирующий по безлюдной технологии.

16 октября 2018 года состоялась торжественная церемония закладки объектов обустройства месторождения Ракушечное (ныне – имени Валерия Исааковича Грайфера). Это уже третий крупный проект Компании на Каспии наряду с месторождениями имени Юрия Корчагина и Владимира Филановского. Начало промышленной добычи нефти на месторождении запланировано в 2023 году. Ожидаемая полка добычи – 1,2 млн. тонн нефти в год. Близость к действующим месторождениям Компании позволила оптимизировать проект обустройства месторождения им. В.И. Грайфера за счет использования существующей инфраструктуры для подготовки и транспорта продукции, а также обеспечения энергоснабжения.

Сохранение уникальной природы районов деятельности, активное участие в жизни регионов и создание широких возможностей для сотрудников предприятия – принципы, лежащие в основе планомерного развития Общества. Успехи организации в этих направлениях неоднократно отмечены престижными премиями.

На всех объектах Общества построена эффективная си-



С 1995 года Ляшко Николай Николаевич работал на предприятиях ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь». Начал свою карьеру в ТПП «Когалымнефтегаз», где последовательно занимал позиции от мастера цеха поддержания пластового давления до заместителя генерального директора по производству. В 2007 году переведен в ТПП «Урайнефтегаз» на должность первого заместителя генерального директора – главного инженера. С 2009 года и до перевода в Астрахань – генеральный директор ТПП «Лангепаснефтегаз». С 2011 года депутат Думы Астраханской области. За высокие профессиональные достижения неоднократно награждался почетными грамотами Министерства энергетики РФ, почетными грамотами и благодарностями ПАО «ЛУКОЙЛ». В 2010 году ему присвоено звание «Почетный нефтяник».



стема промышленной и экологической безопасности. Морские объекты работают по принципу «нулевого сброса», когда все отходы вывозятся на берег и утилизируются на собственном современном оборудовании, а обезвреженные инертные материалы направляются для повторного использования в хозяйственной деятельности.

На постоянной основе ведется масштабный экологический мониторинг, включающий в себя, в том числе, спутниковое наблюдение. Кроме того, все платформы оборудованы многоуровневой системой обнаружения и предотвращения аварийных ситуаций.

Нефтедобывающие платформы – это большие искусственные рифы, где находят свой дом различные морские обитатели. Яркое тому подтверждение – ежегодные видеосъемки, которые фиксируют возле платформ и трубопроводов активную подводную жизнь. Создание искусственных рифов способствует обогащению морской флоры и фауны, естественной очистке морской воды организмами-филтра-

торами, нагулу рыбы, созданию искусственных нерестилищ.

Предприятие также реализует комплекс мер по сохранению биоразнообразия Каспийского моря: в частности, для пополнения природных популяций осетровых рыб Общество финансирует их искусственное воспроизводство с дальнейшим выпуском молоди в естественную среду обитания.

«Каспийский проект» включен в Программу развития ООН Глобального экологического фонда и Минприроды России в рамках проекта «Сохранение биоразнообразия в политике и программах энергетического сектора России». Экологический менеджмент ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть соответствует требованиям международных стандартов ISO 14001 и OHSAS 18001.

В 2011 году на должность генерального директора ООО «ЛУКОЙЛ - Нижневолжскнефть» назначен Ляшко Николай Николаевич.

«Седов» – самый большой в мире парусник!



Фото Юрия Масляева

Учебное парусное судно – барк Росрыболовства «Седов» – самый большой в мире парусник. Судно было построено на верфи Круппа в Киле (Германия) в 1921 году. Длина – 117,5 метра, водоизмещение 7 320 тонн, экипаж – 230 человек, площадь парусов – 4192 квадратных метра. Его первый владелец Карл Виннен назвал судно по имени своей дочери Магдаленны (Magdalene Vinnen).

Судно было спроектировано и построено с целью перевозки навалочных грузов между портами Европы и Южной Америки, Австралии, Юго-Восточной Азии и Океании. В 1936 году Карл Виннен продал этот четырехмачтовый барк судоходной компании «Норддойчер Ллойд». Новый судовладелец оборудовал судно кубриками на 70 кадетов и начал использовать его одновременно как грузовое, так и учебное. Барку присвоили новое имя – «Коммандор Йонсон».

Во время второй мировой войны (1939-1945 гг.) барк ходил в Балтийском море под германским военноморским флагом. После войны Советский Союз получил «Коммандор Йонсон» по репарации вместе с двумя другими немецкими парусными судами: 4-х мачтовым барком «Падуя» (ныне «Крузенштерн») и «Горх Фок» (ныне «Товарищ»). Корабль назвали

Учебное парусное судно – Росрыболовства «Седов» – самый большой в мире парусник. Судно было построено на верфи Круппа в Киле (Германия) в 1921 году. Длина – 117,5 метра, водоизмещение 7 320 тонн, экипаж – 230 человек, площадь парусов – 4192 квадратных метра. Его первый владелец Карл Виннен назвал судно по имени своей дочери Магдаленны (Magdalene Vinnen).

«Седов» в честь полярного исследователя Г.Я. Седова. В январе 1946 года на «Седове» был поднят военноморской флаг СССР и он переведен в класс учебных судов.

В 1951 году командование судна принял капитан дальнего плавания Митрофанов Петр Сергеевич, и под его руководством судно было приведено в

мореходное состояние. А в 1952 году барк вышел в первое послевоенное плавание. В 1957 году с курсантами на борту «Седов» принял участие в гидрографических исследованиях Атлантического океана.

В период с 1975 по 1981 год судно находилось в ремонте на Кронштадтском Морском заводе. В ходе ремонта



были оборудованы кубрики для 164 курсантов, актовый зал, кают-компания, столовые, спортивный зал, музей, сауна. Оборудованы учебные классы, установлены новейшие технические средства судовождения, наблюдения и связи.

В 1991 году судно было передано Мурманскому государственному техническому университету, подведомственному образовательному учреждению Федерального агентства по рыболовству, с этого момента на нем проходят обучение будущие поколения капитанов, штурманов, механиков и радистов.

В апреле 2017 года судно передано в оперативное управление ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет».

Барку «Седов» принадлежит официальный мировой рекорд скорости для парусников этого класса, который составляет 12,6 узла. Этот рекорд был установлен барком в Средиземном море в 1987 году. Бывали дни, когда «Седов» проходил за сутки 300,9 миль! (30 июля 1992 года). Когда паруса «Седова» наполнены ветром, он быстр и неустойчив, и соперничество с ним вряд ли под силу какому-либо современному паруснику.

С 1966 г. по 2014 г. судно совершило 90 учебных рейсов и неоднократно уча-

Барку «Седов» принадлежит официальный мировой рекорд скорости для парусников этого класса, который составляет 12,6 узла. Этот рекорд был установлен барком в Средиземном море в 1987 году. Бывали дни, когда «Седов» проходил за сутки 300,9 миль! (30 июля 1992 года). Когда паруса «Седова» наполнены ветром, он быстр и неустойчив, и соперничество с ним вряд ли под силу какому-либо современному паруснику.

ствовало в международных регатах, во время которых парусник более 200 раз заходил в порты Европы, Америки, Африки. За это время «Седов» оставил за кормой более 500 тысяч морских миль, что равно путешествию от Земли до Луны и обратно.

С 1992 по 1999 год УПС «Седов» участвовал в регатах проводимых

«Катти Сарк», при этом в 1992 году он занял второе общее место, в 1994 году общее третье место, а в 1995 году первое общее место за регату.

В 2006 и 2010 годах «Седов» совершил высокоширотные арктические экспедиции, посвященные памяти героев-североморцев, погибших при защите советского Заполярья в



В 1991 году судно было передано Мурманскому государственному техническому университету, подведомственному образовательному учреждению Федерального агентства по рыболовству, с этого момента на нем проходят обучение будущие поколения капитанов, штурманов, механиков и радистов.

годы Великой Отечественной войны, и освоению российского Арктического континентального шельфа. Седовцы прошли северными трассами в свободном плавании под парусами. Четырехмачтовый парусник посетил порты Исландии, Норвегии, архипелага Шпицберген и побывал в районе Земли Франца-Иосифа.

В рамках высокоширотного плавания 2010 года барк поставил своеобразный рекорд. Берега архипелага Шпицберген такого ещё не видели – 23 сентября 2010 года «Седов» пересёк 78-ю параллель северной широты

и, войдя в знаменитый Исфьорд (Ледяной фьорд), ошвартовалось в российском порту Баренцбург. Тем самым был установлен новый рекорд для парусников этого класса – так далеко на север в это, уже практически зимнее, время подобные суда ещё не поднимались.

20 июля 2013 года в Санкт-Петербурге завершилось первое кругосветное плавание учебно-парусного судна «Седов», приуроченное к годовщине 1150-летия зарождения российской государственности и памятным датам в истории географических от-

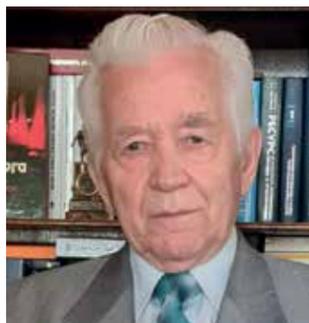
крытий. Продолжительность кругосветного плавания, которое проводилось в 2012-2013 годах Росрыболовством при поддержке МИД России, составила 14 месяцев. Пройдя во время кругосветки свыше 47 тысяч миль, судно четырежды пересекло экватор, прошло водами Атлантического, Тихого, Индийского океанов, обогнуло мыс Горн и мыс Доброй Надежды, совершило заходы в 32 порта 24 иностранных государств Европы, Африки, Латинской Америки, Французской Полинезии, Юго-Восточной Азии. На борту барка «Седов» в ходе кругосветного плавания прошли плавательную практику более 330 курсантов образовательных учреждений Росрыболовства, а также 30 юнг молодежных военно-патриотических клубов. Первое кругосветное плавание флагмана российского парусного флота вызвало огромный интерес в мире.

УПС «Седов» занесен в «Книгу рекордов Гиннеса» как самое крупное из сохранившихся до наших дней парусных судов.

1 сентября 2022 года на барке «Седов» вновь стартовала учебная практика, это уже третий рейс этого года.

По материалам пресс-службы Росрыболовства

Николай Андреевич Махутов,
член-корреспондент РАН,
НИИ «Транснефть»



Виктор Викторович Лещенко,
к.т.н., НТЦ «Нефтегаздиагностика»



Анатолий Михайлович Лепихин,
д.т.н., НТЦ «Нефтегаздиагностика»



ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПО КРИТЕРИЯМ ПРОЧНОСТИ

Аннотация. Излагаются особенности и сложности анализа процессов деформирования и разрушения морских подводных трубопроводов в штатных (проектных) и нештатных (запроектных) ситуациях, лежащих в основе оценки безопасности по критериям прочности в силовой и деформационной постановке. Актуальность проблем безопасности увязана с необходимостью рассмотрения экстремальных состояний при воздействии всего спектра природных, техногенных и антропогенных факторов, создающих угрозы аварий и катастроф.

Ключевые слова: БЕЗОПАСНОСТЬ, ПРОЧНОСТЬ, НАПРЯЖЕНИЯ, ДЕФОРМАЦИИ, ЗАПАСЫ, ТРУБОПРОВОДЫ.

1. Постановка проблемы

Многокритериальные проблемы безопасности морских подводных трубопроводов были предметом обсуждения ведущими специалистами страны на заседаниях рабочей группы в Российской академии наук (16 июня 2022 г.) и экспертного совета в Министерстве промышленности и торговли (9 ноября 2022 г.). Острота, национальная и международная значимость этих проблем в полной и не нашедшей отражения в проектных решениях проявились сразу после взрывов на трех нитках трубопроводной системы «Северного потока» 26.09.2022 г.

С учетом этой крупнейшей катастрофы, а также других аварий в нашей стране и за рубежом для дальнейшего развития морской науки и техники в ближайшей (до 2025 г.) и отдаленной перспективе (до 2050 г.) принципиально важными являются главные государственные документы:

- Стратегия национальной безопасности Российской Федерации [1];
- Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации [2];
- Транспортная стратегия [3];
- Энергетическая стратегия [4];
- Военная доктрина [5];
- Морская доктрина [6].

В этих документах ключевое значение придается решению комплексных проблем национальной, оборонной, транспортной и энергетической безопасности для мирных и немирных условий функционирования всех систем жизнедеятельности и жизнеобеспечения страны. Учитывая географические, климатические, экономические и оборонные особенности нашего государства, имеющего прямой выход в морское пространство трех океанов, морская наука и техника призваны и в будущем служить одним из важных научно-технических компонентов достижения стратегических приоритетов государства в условиях приемлемых стратегических рисков [7].

В соответствии с [1-5] и в разделе «Морские научные исследования» морской доктрины [6] отмечено, что страна не может существовать без проведения многоцелевых научных исследований и разведочных работ по освоению морских природных энергетических ресурсов. Это будет способствовать устойчивому социально-экономическому развитию и обеспечению национальной безопасности.

Объектами активной, эффективной и перспективной морской техники стали морские и океанские многоцелевые надводные и подводные суда, морские исследовательские и добычные платформы, морские подвижные тепловые и атомные энергоустановки.

В число новых научно-технических проблем обоснования и обеспечения безопасности всех морских объектов и инфраструктур критически и стратегически важных для национальной безопасности входят магистральные морские трубопроводы для транспорта газообразных и жидких углеводородов энергетического назначения.

Наша страна в настоящее время располагает одной из крупнейших в мире морских трубопроводных систем в южных (Каспийское и Черное моря), восточных (Охотское), северных и западных (Балтийское море) морях (рис. 1).

Общая протяженность магистральных и технологических морских трубопроводов России составляет свыше 5000 км. Это существенно превышает протяженность морских трубопроводов Норвегии, Великобритании, США.

2. Актуализация проблем научного обоснования безопасности морских подводных трубопроводов

Исходными, но чрезвычайно важными для обоснования безопасности отечественных и зарубежных морских трубопроводов при их проектном функционировании являются расчеты прочности с учетом опасных основных факторов природного и техногенного характера:

- большие глубины прохождения трасс - для «Голубого потока» (до 2150 м), создающие повышенные внешние давления p_b ;

- внутреннее рабочее p_p и внешнее p_b давление, продольные N_x и поперечные Q_y, Q_z усилия, крутящие $M_{кx}$ и изгибающие моменты $M_{из}, M_{из}$.

Комбинации всех указанных силовых факторов в соответствии с нормами прочности должны исключить возможность достижения двух предельных состояний по обобщенным нагрузкам (усилиям) S .

$$S = F_s \{p, N, Q, M\} \leq [S] = \frac{S_{пр}}{n_s} \quad (1)$$

Эти усилия и соответствующие им номинальные нормальные σ_n и касательные τ_n напряжения для трубопровода определяются по формулам теории стержней и оболочек

$$\{\sigma_n, \tau_n\} = F_{\sigma\tau} \left\{ \left(\frac{\rho D}{k \delta} \right), \left(\frac{N_x, Q_y, Q_z}{F} \right), \left(\frac{M_{кx}, M_{из}}{W_0, W_p} \right) \right\}, \quad (2)$$

где F – площадь опасного поперечного сечения; D, δ – диаметр и толщина стенки трубы;

W_0, W_p – осевые и полярные моменты инерции.

$k=2$ для кольцевых нормальных напряжений, $k=4$ для осевых нормальных напряжений.

По составляющим σ_n, τ_n и классическим теориям прочности определяются номинальные эквивалентные напряжения

$$\sigma_{\text{экв}} = F_{\sigma} \{ \sigma_n, \tau_n \} \quad (3)$$

В основных расчетах прочности нормы требуют, чтобы кольцевые напряжения $\sigma_{\text{экв}}$ от давлений p_p и p_b не превышали допускаемых $[\sigma]$

$$\sigma_{\text{экв}} \leq [\sigma] = \min \left\{ \frac{\sigma_{\tau}}{n_{\tau}}, \frac{\sigma_{\sigma}}{n_{\sigma}} \right\}, \quad (4)$$

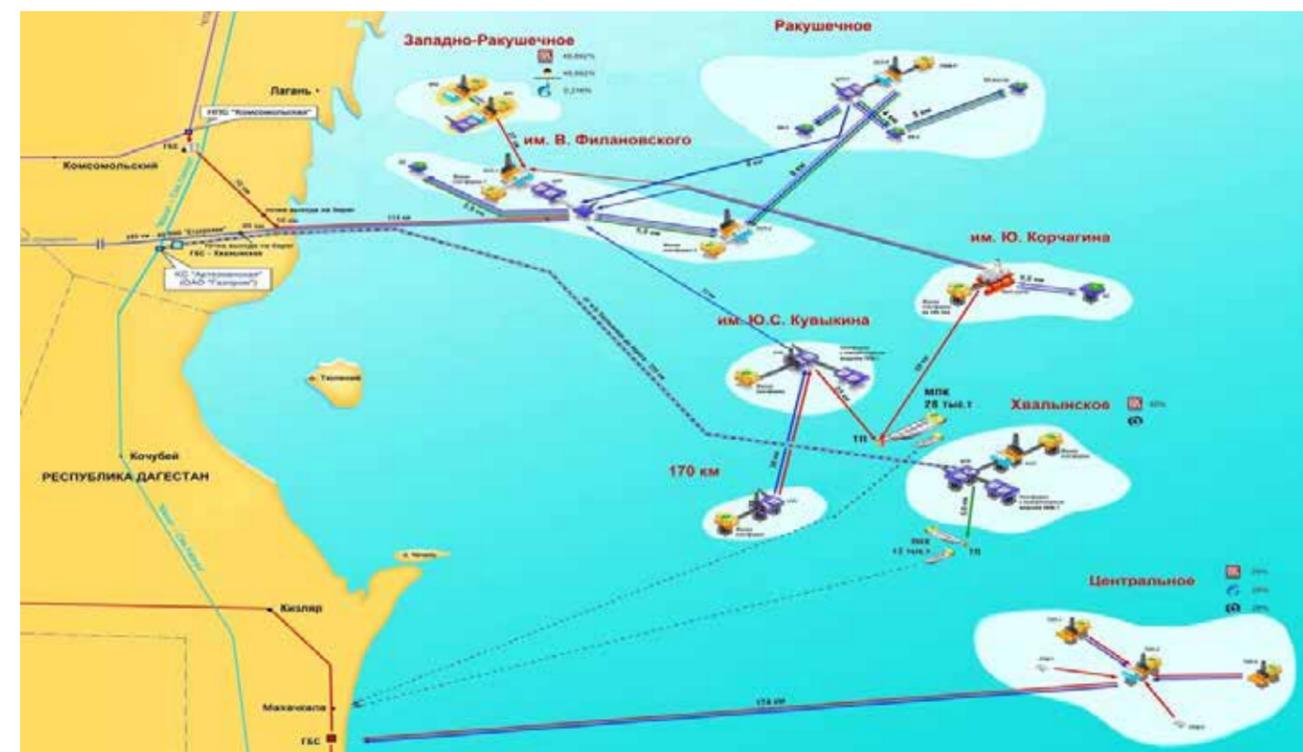
где $\sigma_{\tau}, \sigma_{\sigma}$ – пределы текучести и прочности трубной стали;

n_{τ}, n_{σ} – запасы прочности по $\sigma_{\tau}, \sigma_{\sigma}$ ($1 \leq n_{\tau} \leq n_{\sigma} \leq 2,5$).

Выражения (1) – (3) являются базовыми для расчетного определения толщины стенки δ . В отличие от наземных для магистральных трубопроводов при поверочных расчетах прочности следует учитывать важные особенности формирования напряженно-деформированных состояний:

- необходимость повышения рабочего давления P_p до 25 МПа и переменность знака напряжений от давления σ_p ;
- наличие сложного Профиля поверхности морского дна, создающего повышенные дополнительные напряжения $\sigma_{\text{д}}$ моментами $M_{из}$ и $M_{из}$ и τ_k от кручения моментом M_k от изгиба при провисании;
- опасность волновых и сейсмических воздействий на трубопроводы при землетрясениях, цунами, при-

Рисунок 1. Обзорная схема перспективной системы трубопроводного транспорта ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть»



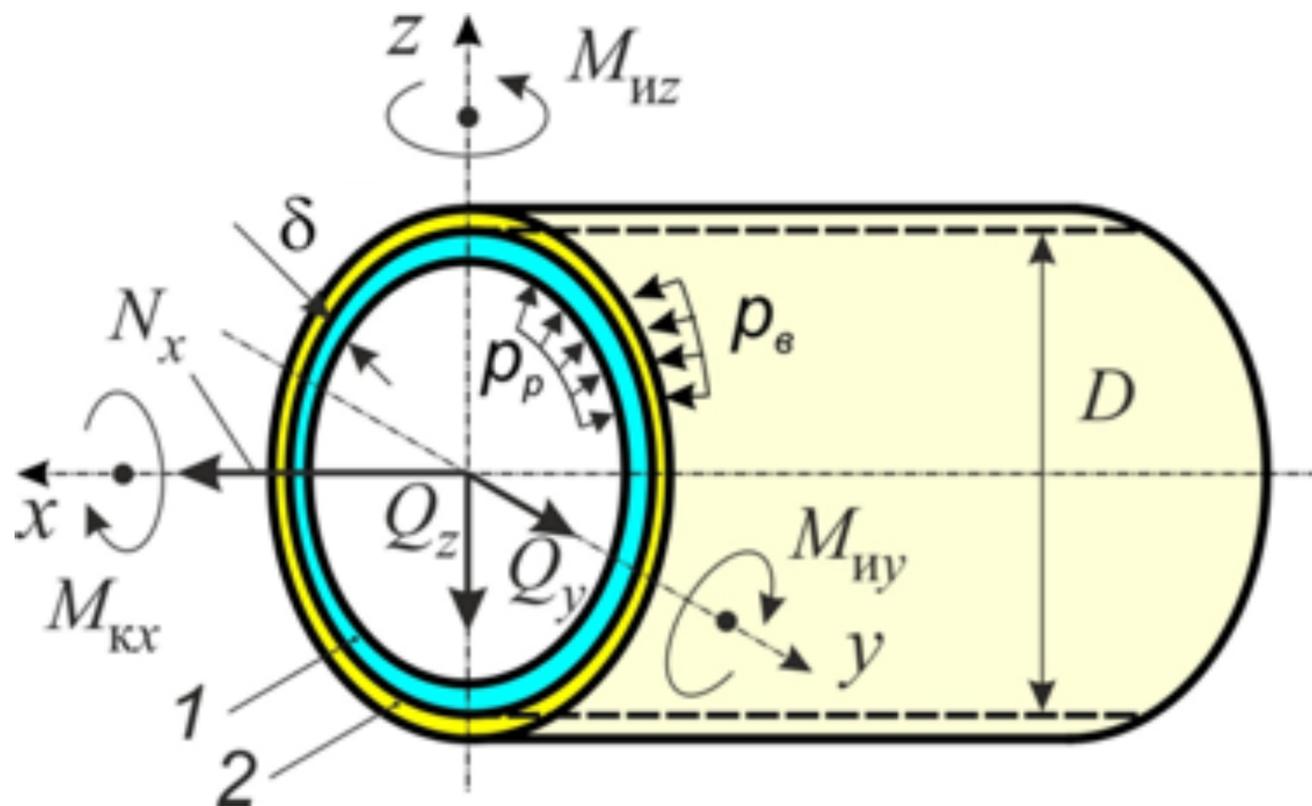


Рисунок 2. Расчетная схема морского трубопровода: 1 - металлическая труба; 2 - сложная по конструкции и назначению обвязка

брежных штормах, морских приливах и морских придонных течениях, создающих циклические многочастотные амплитуды номинальных и локальных повреждений $\sigma_{амак}$;

- повреждающие ледовые воздействия в прибрежных зонах при направленном и блуждающем движении ледовых масс, создающих опасные контактные и изгибные напряжения $\sigma_{ки}$.

Эти обстоятельства изменяют и усложняют расчетные схемы и расчетные случаи, создавая во времени t сложную историю эксплуатационного нагружения

$$\sigma^3(\tau) = F_{\sigma} \{(\sigma_p, \sigma_{и'}, \sigma_{амак}, \sigma_{ки}), \tau\} \quad (5)$$

Наличие на морских трубопроводах зон концентрации при изменении геометрических форм и размеров с теоретическими коэффициентами концентрации α_{σ} , а также широкое применение технологий сварки с возникновением остаточных сварочных напряжений $\sigma_{ос}$ приводит к тому, что условные суммарные локальные напряжения в этих зонах возрастают по сравнению с номинальными

$$\sigma_{мак}^* = \sigma_{\sigma}(\tau) \alpha_{\sigma} + \sigma_{ос} \quad (6)$$

и могут оказываться выше не только пределов текучести σ_T , но и прочности σ_B

$$\sigma_{мак}^* \geq \{\sigma_T, \sigma_B\} \quad (7)$$

В этом случае в зонах концентрации и сварных швов возникают пластические деформации

$$e_{мак}(\tau) = F_e \{ \sigma_{мак}^*(\tau), m \} \geq \sigma_T / E \geq \sigma_B / E \quad (8)$$

где E – модуль упругости трубной стали в упругопла-

стической области.

Локальные напряжения $\sigma_{мак}(\tau)$ в случае степенной аппроксимации диаграммы деформирования (рис. 3) определяются по деформациям $e_{мак}(\tau)$

$$\sigma_{мак}(\tau) = \sigma_T [e_{мак}(\tau) / e_T]^m \quad (9)$$

где e_T – деформация предела текучести ($e_T = \sigma_T / E$).

Для стадии упругих деформаций $e_{мак} \leq e_T$, величина $m = 1$; для трубных сталей в области упругопластических деформаций $0 \leq m \leq 0,25$. Для этой области в поверочных расчетах локальной прочности проводится оценка коэффициентов запаса по напряжениям n_{σ} и деформациям n_e

$$n_{\sigma} = \sigma_B / \sigma_{мак}(\tau); n_e = e_B / e_{мак}(\tau) \quad (10)$$

где e_B – предельная пластическая деформация при достижении напряжениями предела прочности σ_B по рис. 3.

В общем случае основных и поверочных расчетов по (1) – (10) по силовым (в напряжениях σ) и деформационным (в деформациях e) критерием на основе анализа запасов n должны соблюдаться условия

$$1 \leq n_T \leq n_{\sigma} \leq n_B \leq n_e \quad (11)$$

При выполнении нормативных основных и поверочных расчетов прочности по выражениям (1) – (11) не отражает в полной мере возникновения запроектных ситуаций для морских подводных трубопроводов. Это относится к указанным выше экстремальным воздействиям геологических разломов, вулканов, внешних механических повреждений, террористических актов, военных и космических воздействий, когда обобщенные усилия S по (1) оказываются выше проектных допускаемых. Такие расчетные схемы и расчетные случаи отражены на рис. 3 в правой области запредельных

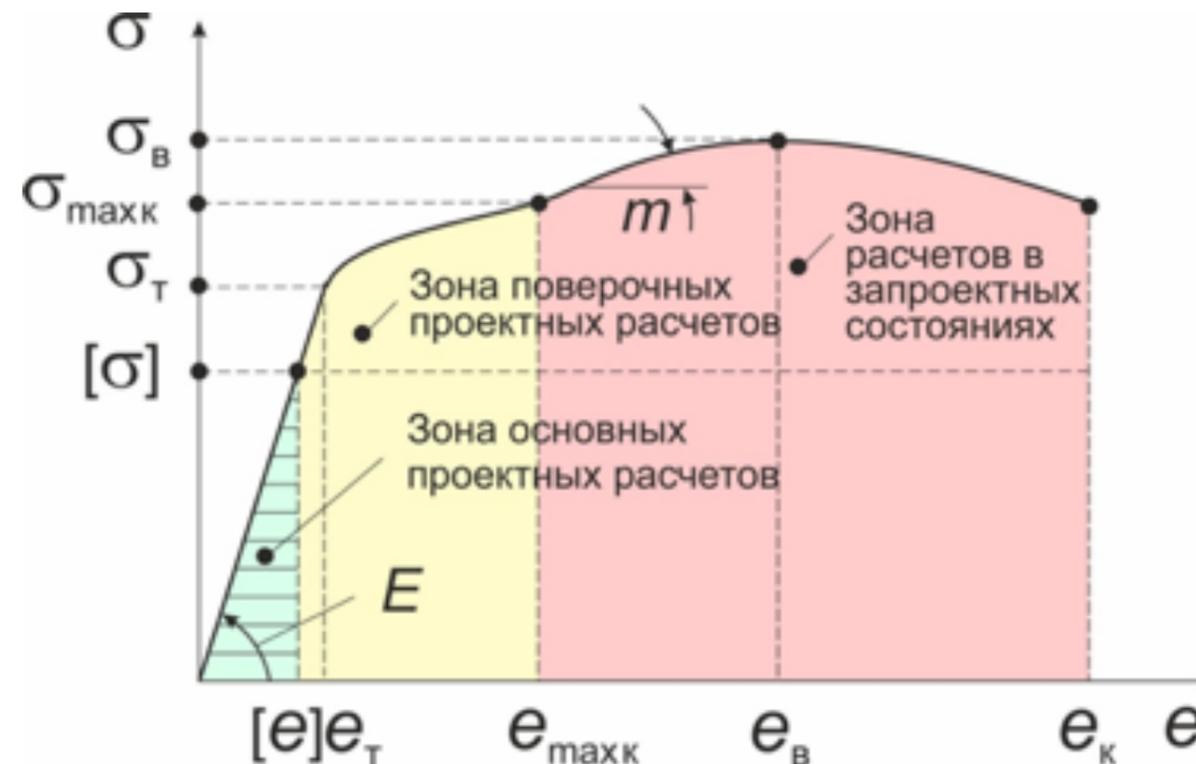


Рисунок 3. Расчетная диаграмма статического деформирования для зон основных и поверочных расчетов прочности

состояний. Для этой области с учетом ниспадающей диаграммы деформирования силовой расчет в напряжениях по выражениям (5), (9), (10) теряет физический смысл и справедливым может быть расчет по деформационному критерию (10)

$$e_{мак}(\tau) \leq e_k \quad (12)$$

где e_k – предельная пластичность материала, определяемая как истинная деформация в шейке при разрушении.

$$e_k = e_n \frac{100}{100 - \psi_k} \quad (13)$$

где ψ_k – относительное сужение в шейке образца. Для трубных сталей $30 \leq \psi_k \leq 65\%$. Расчет по (12) – (13) оказывается существенно более сложным, чем расчет по (2), (8), (9), так как большие пластические деформации e_k могут в 50 – 400 раз превосходить предельные упругие деформации e_T (см. рис. 3); при этом существенно искажаются формы и размеры опасных сечений.

Традиционными нормативными расчетами прочности случаи возникновения запредельных состояний пока не анализируются, что не позволяет вести обоснование безопасности по деформационным критериям прочности даже в детерминированной постановке.

Заключение

Для дальнейшего перспективного анализа безопасности морских трубопроводов, как критически и стратегически важных, с использованием критериев рисков вся изложенная выше методология расчетов по (1) – (13) будет переводиться на реализацию теории приемлемых рисков и безопасности по статистическим и вероятностным закономерностям механики деформирования, повреждения и разрушения.

Важный опыт такого анализа накапливается и отражается в многотомном издании «Безопасность России» [8], в т.ч. для

критически и стратегически важных объектов, включающих морские подводные трубопроводы.

Это согласуется с современными требованиями указанных выше стратегий [1 - 4] и доктрин [5 - 6].

Одной из главных целей сформированного Экспертного совета будет научное обоснование безопасности морских подводных трубопроводов при одновременном учете природных, техногенных и антропогенных повреждающих факторов.

Литература

1. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 02.07.2021 № 400.
2. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642.
3. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27.11.2021 г. № 3363-р.
4. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р.
5. Военная доктрина Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 25.12.2014 г. № Пр-2976.
6. Морская доктрина Российской Федерации. Утверждена Президентом Российской Федерации от 31.07.2022 г. № 512.
7. Махутов Н.А. Научные основы анализа комплексной безопасности и стратегических рисков. Морская наука и техника. Специальный выпуск, 2022, №1, с. 16-19.
8. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Научный рук. чл.-корр. РАН Махутов Н.А. – М.: МГОФ «Знание», тома 1-64, 1998-2022.

БАРКУ «КРУЗЕНШТЕРН» – 96 ЛЕТ!

20 лет мир знал судно, как «Падуя», и 76 – как «Крузенштерн». Парусник давно стал легендой, в которой удивительным образом спаяны история и современность, красота и утилитарность, большие замыслы и их прекрасные воплощения..

Фото Юрия Масляева



Учебный четырехмачтовый барк «Крузенштерн» построен в Германии в 1926 году, на верфи Дж. С. Текленборга в Бременхафене, и был спущен на воду под именем «Падуя» (Padua) для известного судовладельца из Гамбурга – компании Ф. Лайеша (F.Laeisz). «Падуя» принадлежала к знаменитой серии парусных судов, которые имели общее название «Летучий П-Лайнер» (Flying-P-Liner), и в настоящее время это единственный существующий из всей серии барк, истинный классический «виндjammer».

Огромный стальной парусник, водоизмещением 6400 тонн, который мог брать в свои трюма 4000 тонн груза, был поставлен на «Капгорновскую» линию, между Европой и Южной Америкой, доставлял из Европы генеральные грузы, из Южной Америки (портов Чили) – селитру. До второй мировой войны «Падуя» сделала 17 коммерческих рейсов, в том числе два из них в Австралию, ходила исключительно под парусами, так как не имела двигателя.

После окончания второй мировой войны странами-победительницами: СССР, США и Великобританией было принято решение поделить германский флот, и в 1946 году парусник по репарации был передан Советскому Союзу. Под флагом ВМФ СССР барк

Огромный стальной парусник, водоизмещением 6400 тонн, который мог брать в свои трюма 4000 тонн груза, был поставлен на «Капгорновскую» линию, между Европой и Южной Америкой, доставлял из Европы генеральные грузы, из Южной Америки (портов Чили) – селитру. До второй мировой войны «Падуя» сделала 17 коммерческих рейсов, в том числе два из них в Австралию, ходила исключительно под парусами, так как не имела двигателя.

получил новое имя, в честь адмирала Ивана Федоровича Крузенштерна – руководителя первой российской кругосветной экспедиции 1803-1806 годов, ученого-гидрографа, воспитателя целой плеяды российских мореплавателей.

В 1959 – 1961 годах «Крузенштерн»

прошел капитальный ремонт и дооборудование на Кронштадтском морском ордена Ленина заводе (КМОЛЗ), на нем были установлены два главных двигателя общей мощностью 1.600 л.с. После ремонта в составе отряда учебных судов ВМФ на Балтийском море в течение 5 лет экспедиционно-океа-



После окончания второй мировой войны странами-победительницами: СССР, США и Великобританией было принято решение поделить германский флот, и в 1946 году парусник по репарации был передан Советскому Союзу. Под флагом ВМФ СССР барк получил новое имя, в честь адмирала Ивана Федоровича Крузенштерна – руководителя первой российской кругосветной экспедиции 1803-1806 годов, учено-гидрографа, воспитателя целой плеяды российских мореплавателей.

нографическое судно (ЭОС) «Крузенштерн» выполняло научно-исследовательские работы в Атлантическом океане по программе Академии наук СССР и одновременно обеспечивало морскую практику военно-морских учебных заведений. Командовал парусником капитан 1 ранга П. В. Власов. В июне 1967 года учебный парусник «Крузенштерн» вышел из порта Рига в свой первый рейс под вымпелом флота рыбной промышленности СССР. Следующий большой ремонт, переоборудование и модернизация

«Крузенштерна» были проведены в 1968-1972 годах. В январе 1973 года обновленное УПС «Крузенштерн» вошло в состав Балтийского отряда учебных судов в порту Рига, став флагманом учебного флота Министерства рыбного хозяйства СССР. В 1983 году УПС «Крузенштерн» было передано из Балтийского отряда учебных судов в порту Рига производственному объединению рыбной промышленности «Эстрыбпром» в порту Таллинн. Руководил «Крузенштерном» в это время капитан Г.В. Коломенский, отдавший

работу на паруснике в разных должностях более 40 лет жизни.

В 1991 году свершилось, можно сказать, историческое событие для барка «Крузенштерн». Согласно приказу Министерства рыбного хозяйства № 113 от 25 марта 1991 года, судно передавалось от объединения «Эстрыбпром» в Таллинне Калининградскому высшему инженерному морскому училищу (КВИМУ). Насколько современным и правильным было решение о передаче УПС «Крузенштерн», показала дальнейшая история парусника. Самые значительные мероприятия, связанные с ремонтом, модернизацией и дооборудованием судна; самые громкие и весомые победы российского парусника на крупнейших международных морских соревнованиях и регатах, в том числе мирового масштаба; самые крупные события, которые принесли всемирную известность УПС «Крузенштерн», как, например, два кругосветных плавания (1995-1996 и 2005-2006 гг.) и Международная трансатлантическая экспедиция 2009-2010 годов, были совершены в период с 1992 года по настоящее время.

Судовладельцу – Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота (бывшее КВИМУ) приходилось решать сложнейшие задачи и преодолевать разного характера трудности, связанные с эксплуатацией известного парусника, в непростой для нашей страны период. И академия с честью справлялась со всеми вопросами по эксплуатации УПС «Крузенштерн».

За сорок лет барк «Крузенштерн» под флагом флота рыбной промышленности России совершил 115 рейсов, посетил более 130 портов, полсотни стран мира на всех континентах, за исключением Антарктиды. За это время судно прошло более 700 тысяч морских миль. На борту учебного барка получили хорошую плавательную практику более 15 тысяч курсантов и студентов морских учебных заведений России. Учебный барк «Крузенштерн» регулярно с 1974 года принимает участие в различных международных событиях и мероприятиях, которые организует Международная организация парусной подготовки (STI) и др. морские организации разных стран.

Барк «Крузенштерн» является обладателем самого престижного и желанного для моряков всего международного учебного парусного флота приза «Cutty Sark» с девизом «За наибольший вклад в развитие сотрудничества, дружбы и взаимопонимания между молодежью разных стран мира», также призером и победителем многих международных регат, в том числе океанских гонок учебных парусников через



Северную Атлантику от американских и канадских портов в Европу 1984, 1992, 2000 гг.

В разные годы капитанами «Крузенштерна» служили выдающиеся моряки: Г.Г. Савченко-Осмоловский, Н.Т. Шульга, И.Г. Шнейдер, В.А. Толмасов, В.Т. Роев, Я.А. Смелтерис, А.Б. Перевозчиков, О.К. Седов, М.В. Новиков. Сегодня капитан УПС «Крузенштерн» – Михаил Петрович Еремченко.

В морских походах курсанты получают физическую закалку, воспитывают в себе твердую волю, учатся работать в команде, принимать ответственные решения за свою судьбу и судьбу своих товарищей. Именно эти качества развивает в будущих мореходах практика на парусном судне.

Курсанты, находящиеся на борту «Крузенштерна», обретают бесценный дипломатический опыт, расширяют свой кругозор и повышают общую культуру. Усвоенные за время плавания прекрасная морская выправка, дисциплина, приветливость позволяют будущим морякам достойно представлять Отечество за морями и океанами.

Отлаженный учебно-воспитательный процесс, здоровый дух морских традиций и современные бытовые условия позволяют практикантам не чув-

ствовать себя оторванными от Родины (на паруснике есть все необходимое для овладения профессией, занятия музыкой и спортом), а полученные впечатления от посещения иностранных портов формируют у курсантов подлинные жизненные ценности и позитивные ориентиры. Школа «Крузенштерна» формирует такой крепкий стержень, который и в дальнейшей жизни помогает держать удары судьбы – это доказало время.

Совершая кругосветные походы, регулярные океанские плавания, учебные парусные гонки, барк «Крузенштерн» выполняет высокую миссию, представляя Россию и Калининград перед лицом всего мира. В иностранных портах парусник «Крузенштерн» –

это не просто территория Российской Федерации – это место международных встреч руководителей государств, политиков, бизнесменов и представителей мирового морского сообщества.

Барк «Крузенштерн» – посланник Российской Федерации на Зимних Олимпийских играх в канадском Ванкувере в 2010 и в 2014 году в Сочи. Палуба парусника становилась филиалом Русского дома и местом встречи спортсменов, болельщиков и гостей празд-

ников спорта и доброй воли.

В 2015 году «Крузенштерн» с курсантами на борту совершил историко-мемориальную экспедицию, в 2019/2020 – трансатлантический переход в рамках экспедиции парусников Росрыболовства «Паруса мира». В Южной Атлантике в символической 200-мильной мемориальной регате в честь 200-летия открытия Антарктиды «Крузенштерн» вырвал победу у «Седова» и «Паллады».

За 2021-2022 год на судне был выполнен масштабный пласт работ по замене главных двигателей, было осуществлено докование парусника. В конце апреля состоялся переход «Крузенштерна» из Светловского судоремонтного завода в Калининградский морской рыбный порт, а 9 мая 2022 года, в содружестве с флотилией Музея Мирового океана, барк присоединился к акции «Гудок Победы».

После того, когда завершатся швартовные и ходовые испытания, «Крузенштерн» вновь выйдет в море, чтобы выполнять привычную работу по подготовке молодых моряков к профессиональной карьере.

По материалам пресс-службы Росрыболовства



Марков С.П., к.т.н., профессор, заведующий кафедрой Сварки судовых конструкций Санкт-Петербургского морского технического университета

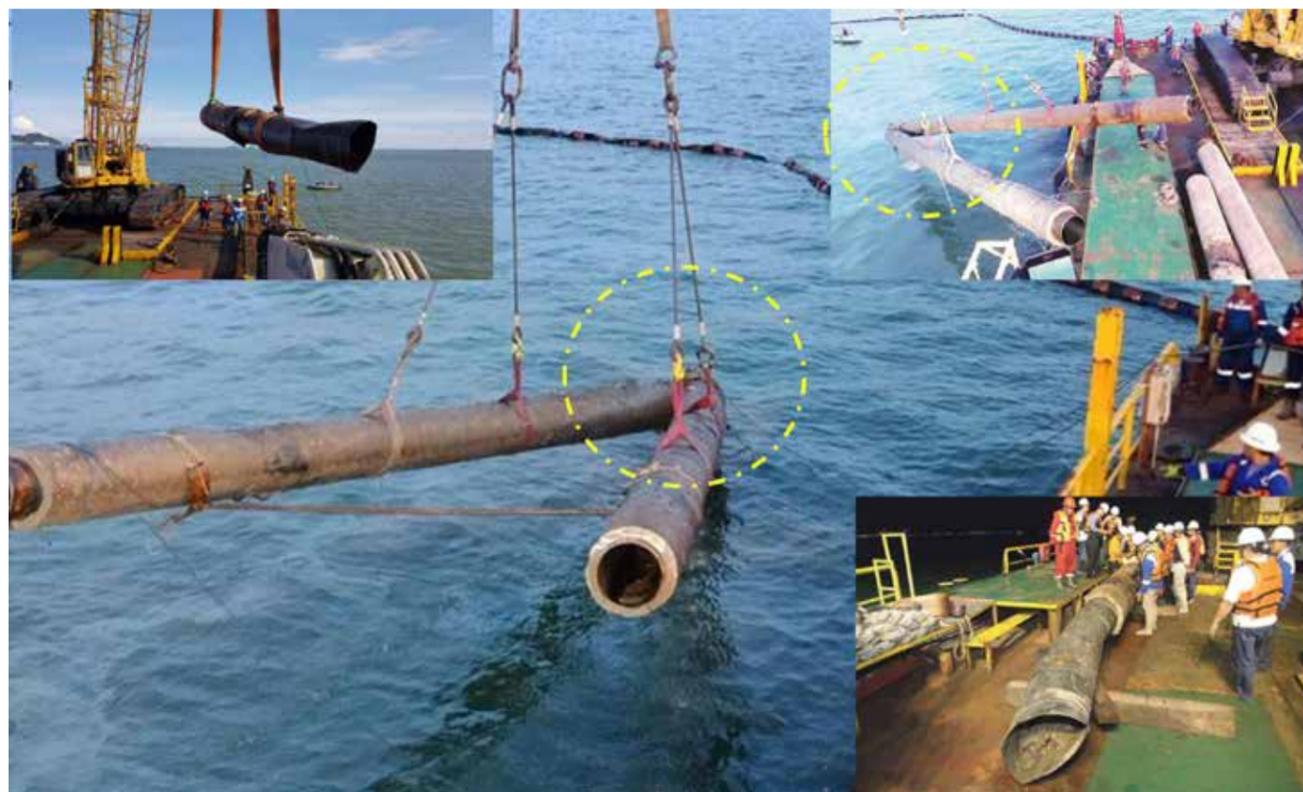


ОЦЕНКИ ДОПУСТИМЫХ ДЕФЕКТОВ В МЕТАЛЛЕ ТРУБ И СВАРНЫХ ШВАХ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Морские подводные трубопроводы (МПТ) широко распространены в мире для безопасной транспортировки нефти и газа. Несмотря на многолетний опыт проектирования и эксплуатации МПТ, в них возникают повреждения, отказы и даже аварии. Изучение повреждений трубопроводов важно для выявления закономерностей их образования и снижения риска их повторений, а также выбора наилучшего способа ремонта в зависимости от появляющихся глобальных и локальных дефектов основного металла труб, металла сварных швов и зоны термического влияния. При этом отчеты с доступной информацией об изменениях за конкретный период времени эксплуатации МПТ исходного состояния с

выявленными и допустимыми дефектами на стадии укладки и испытаний МПТ за последующий конкретный период времени эксплуатации МПТ должны служить основой для практической проверки расчетного прогнозирования.

Задача оценки допустимого срока эксплуатации трубопровода с дефектами в общем виде не может быть решена без анализа причин появления дефектов, а выявить эти причины на основе данных дефектоскопии не всегда представляется возможным. Очевидно, что оценка разрешенного размера дефекта должна исходить из того, что дефект допустим не только на момент контроля, но и будет допустимым на момент следующей диагностики.



Для выполнения оценки допустимости дефекта на определенный срок эксплуатации необходимо ранжировать уровни опасности, вызванные конкретными возможными типами дефектов с учетом условий эксплуатации и принимая во внимание статистические данные об обнаруженных повреждениях и инцидентах за годы эксплуатации МПТ.

С увеличением сроков эксплуатации (МПТ) транспортировки нефти и газа возрастает актуальность вопросов выявления и определения уровней дефектности металла труб МПТ и сварных швов для оценки их технического состояния и своевременного применения ремонтных технологий, позволяющих продлить ресурс эксплуатируемых МПТ, обеспечить их длительную работоспособность в эксплуатационных условиях.

Сложность адекватной расчетной оценки опасности дефектов труб МПТ на сегодняшний день связана с наличием нескольких подходов и расчетных методик, учитывающих специфику эксплуатации МПТ. Однозначное решение вышеупомянутой задачи осложнено отсутствием единообразия в нормативно-технических документах, регламентирующих порядок оценки технического состояния труб с дефектами, в методиках оценки прочности и долговечности труб с дефектами.

К факторам, благоприятствующим образованию и развитию дефектов в процессе эксплуатации МТ относят: коррозионно-активные среды (окружающая трубопровод вода или грунт, в который заглублен МПТ на дне, а также транспортируемый продукт), цикличность давления трубопровода, наличие блуждающих токов, тип и срок эксплуатации антикоррозионного покрытия, внешние нагрузки и воздействия.

Статистические данные о повреждениях и инцидентах, приведенные в норвежском документе рекомендованной практики [4], показывают, что наибольшая часть обнаруженных повреждений связана с коррозией труб. Например, коррозией вызваны 27% повреждений в Северном море и 40% в Мексиканском заливе из всех инцидентов МПТ, указанных в отчетах за период 2001 по 2012 годы. Принимая во внимание большой процент коррозионных повреждений, рассмотрим в качестве примера рекомендуемые варианты оценки коррозионного износа.

Оценку допустимости потери металла вследствие поверхностной коррозии труб в нормативных документах рекомендуют проводить по минимальному давлению разрушения трубы при утонении стенки на части длины. Представленные в литературных источниках и нормативных документах зависимости допустимой относительной глубины дефекта $[h/t]$ от заданной относительной протяженности дефекта L/\sqrt{Dt} , где h - глубина коррозии, t - исходная толщина трубы,

L - длина дефекта вдоль трубы диаметром D , различаются двумя подходами. Первый подход, рекомендованный в ряде нормативных документов [1], [2], [6], представляет так называемый детерминированный подход по оценке опасности коррозионного износа с позиций обеспечения прочности, с однозначно заданными размерами дефектов, нагрузками и характеристиками механических свойств металла труб. Второй подход учитывает реальные условия, при которых всегда имеют место погрешность измерений размеров коррозионного дефекта при внутритрубной диагностике, а также случайные вариации и статистические рассеяния расчетных переменных, нарушающих однозначность оценок опасности дефектов [3], [5].

В работе [5] рассматривается подход определения допустимых размеров дефектов с учетом вероятности R_f негативных последствий аварий подводного трубопровода, масштаб которых определяется классом опасности. Количественные экономические и экологические оценки ущербов не рассматриваются. По статистическим данным основными причинами отказов подводных трубопроводов являются: механические повреждения (зацепления якорями и тралями, падения тяжелых предметов); коррозия, а также процессы старения; строительные дефекты и дефекты металла труб.

В работе [5] сделан обзор аварий МПТ с частотой и последствиями их возникновения, на основе которых можно задать классы опасности (табл.1) с учетом риска аварий, определяемых вероятностью R_f .

В этом случае дополнительно вводятся коэффициент безопасности, учитывающий отмеченные выше случайные вариации размеров дефектов, а также коэффициент, зависящий от класса опасности, точности диагностирования и уровня достоверности.

В настоящей статье сравнительный численный анализ результатов допустимых уровней дефектности при поверхностной коррозии выполнен по формулам, соответствующим указаниям документов [2] и [6], [3] и [5], [2]. Расчеты выполнены по разработанной программе в Visual Studio Express 2013 Desktop Windows для МПТ транспортировки газа и нефти из сталей X65 и X52 с исходными данными, указанными в табл.2. В расчетах принято положение о недопустимости в любом случае дефектов глубиной более 80 % толщины стенки трубы.

В соответствии с детерминированным подходом формулы согласно [2] и [6] задают зависимости глубины потери металла от длины пораженного коррозией участка, не принимая во внимание фактор риска и разброс измерений. Формулы [3] и [5] учитывают как класс опасности, так и точность измерения. На рис. 1 представлены линии предель-

Таблица 1 – Классы опасности разрушения подводных трубопроводов

Класс опасности	I (низкий)	II (средний)	III (высокий)	IV (очень высокий)
Класс отказа	Пренебрежимый	Некритический	Критический	Катастрофический
Масштаб потерь	Пренебрежимые экологические и экономические последствия. Ремонт трубопровода может быть отложен до планового останова.	Кратковременное локальное нарушение состояния экологической среды и / или незначительные материальные потери. Внеплановый останов и ремонт трубопровода.	Кратковременный ущерб окружающей среде и/или существенный экономический ущерб. Внеплановый останов и ремонт трубопровода.	Масштабный длительный ущерб окружающей среде и большой экономический ущерб. Длительный останов и ремонт трубопровода.
Вероятность $[R_f]$	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}

Сталь	Внешний диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Предел текучести σ_y , МПа	Предел прочности σ_m , МПа	Рабочее давление p, МПа
X52	559	15,9	430	530	7,6
X65	711	25,4	500	608	15,4

Таблица 2. Исходные данные, принятые в расчетах

ных размеров коррозионных дефектов в МПТ из стали Х65 (табл.2) в виде зависимости относительной глубины h/t от относительной длины $L/\sqrt{D \cdot t}$. Точки, соответствующие реально измеренным дефектам и располагающиеся выше линий зависимости h/t от $L/\sqrt{D \cdot t}$, свидетельствуют о недопустимости дефектов определенных размеров.

Предлагаемая оценка Российской морской регистра судоходства (РС) в действующем Руководстве МПТ (линия «в») [1] не допускает глубину коррозии более чем на половину толщины стенки в данном случае как для коротких дефектов, так и для дефектов очень большой длины. При этом по сравнению с рекомендованной практикой DNVGL [3] и руководством британского института стандартов [2], как и межгосударственного стандарта по системам газоснабжения [6], методика РС дает наименьшую оценку по глубине металла для трех представленных на рисунке 1 методик.

Наиболее консервативные результаты дает формула [5]. На рис.2 представлена диаграмма допустимой потери металла МПТ из стали Х65 для всех 4-х классов опасности при высокой точности измерений.

На основе получаемых диаграмм при постоянной скорости коррозии можно оценить расчетный срок безопасной эксплуатации МПТ (ресурс) до планового ремонта. Остаточный ресурс МПТ по критерию поверхностной коррозии зависит от скорости роста коррозионных дефектов вглубь металла стенки трубы $V_{\text{корр}}^h$ и скорости распространения коррозионных повреждений по поверхности металла трубы в продольном направлении $V_{\text{корр}}^L$. По опытным данным скорость роста коррозии в длину может превышать скорость роста в глубину по толщине в 20-100 раз. Если скорость коррозии основана на предыдущих данных контроля, то эта оценка может быть использована для одинаковых и подобных условий эксплуатации.

Средняя скорость коррозии $V_{\text{корр}}^h$, мм/год, может определяться по статистическим данным внутритрубной диагностики в разные моменты времени.

На основе анализа опытных данных рассматривают три прогнозируемых значения постоянной скорости коррозии в случаях различных нарушений изоляции труб: малая скорость коррозии $V_{\text{корр}}^h = 0,1$ мм/год, средняя скорость коррозии $V_{\text{корр}}^h = 0,3$ мм/год, высокая скорость коррозии $V_{\text{корр}}^h = 0,5$ мм/год.

На рис.3 для МПТ из стали Х52 графически показано в абсолютных размерах влияние методики оценки уровня дефектности по глубине h при постоянной скорости коррозии на интервал времени, в течение которого сохранится работоспособное состояние МПТ. Например, при высокой средней скорости коррозии $V_{\text{корр}}^h = 0,5$ мм/год получаем при рабочем давлении наименьший интервал исправного состояния при малых длинах дефектов

$$\tau = \frac{h}{V_{\text{корр}}^h} = \frac{5}{0,5} = 10 \text{ лет,}$$

а при поверхностной коррозии вдоль трубы длиной порядка 1,4 м работоспособное состояние сохранится не менее 9 лет, т.к. асимптотически красная линия 4 выходит на размер не ниже $h = 4,5$ мм. Этот результат получен при среднем втором классе опасности и среднеквадратическом отклонении $S[h/t] = 0,05$, что составляет погрешность ориентировочно от 0,5 мм до 0,8 мм в зависимости от метода измерений. По действующему положению РС вышеуказанный срок получается 15,9 лет согласно линии 3 на рис.3.

Таким образом, наиболее приемлемые результаты получены по формуле [5] с учетом вероятности возникновения негативных последствий. На рис. 4 представлены кривые предельных уровней дефектов при низком, среднем и вы-

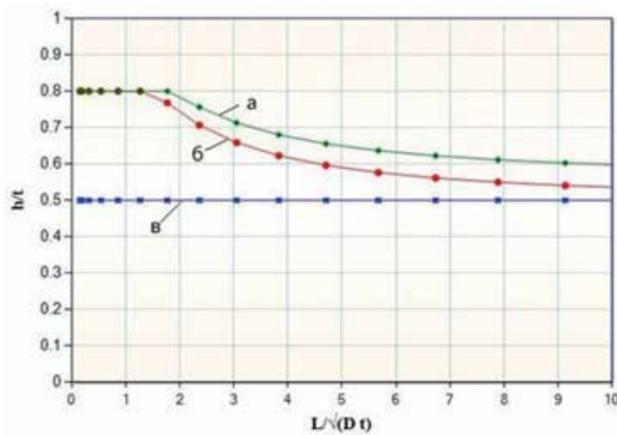


Рис.1. Диаграмма допустимой потери металла Х65 а) по формуле DNVGL [3] для класса опасности 4 и среднеквадратическом отклонении $S[h/t]=0$; б) по формуле BS [2] и ГОСТ [6] с коэффициентом запаса по разрушающему давлению $f_c=1,5$; в) по формуле РС [1]

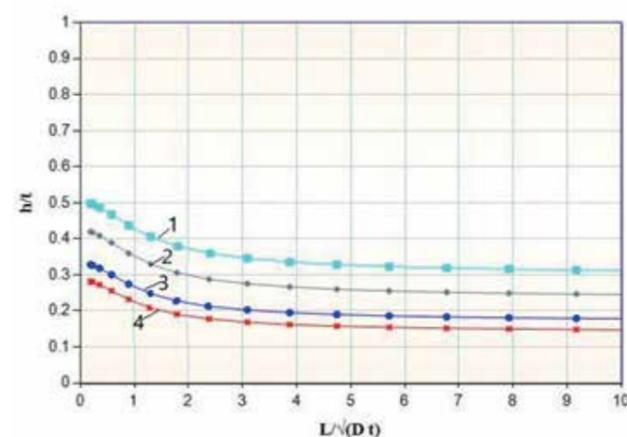


Рис.2. Диаграмма допустимой потери металла по формуле [5] для классов опасности, указанных цифрами 1, 2, 3, 4 (табл.1) и среднеквадратическом отклонении $S[h/t] = 0$

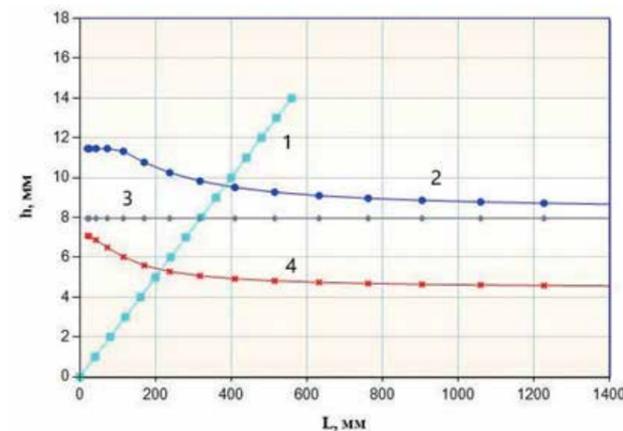


Рис.3. Графическая интерпретация результатов расчётов роста дефектов до достижения ими предельных размеров для стали Х52: 1) рост дефекта при соотношении скорости коррозии $V_{\text{корр}}^L = 40 V_{\text{корр}}^h$ в продольном направлении МПТ и вглубь по толщине трубы; 2) формула [3] для класса опасности 2 (табл.1) и среднеквадратическом отклонении $S[h/t] = 0,05$; 3) формула [1]; 4) формула [5] с данными аналогично формуле кривой 2.

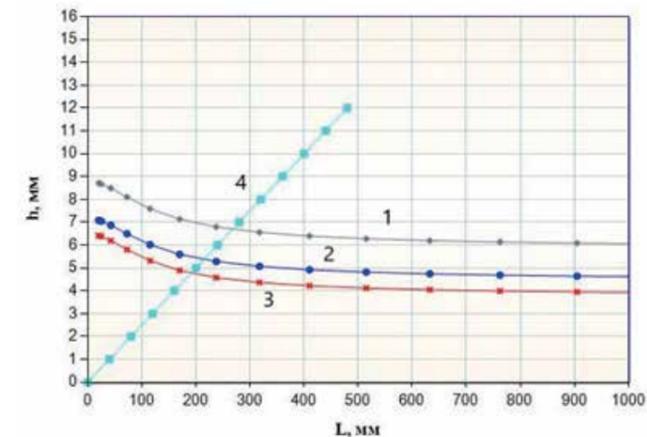


Рис.4. Графическая интерпретация результатов расчёта роста коррозии для стали Х52 до достижения предельных размеров для классов опасности, указанных цифрами 1, 2, 3 (табл.1), при среднеквадратическом отклонении $S[h/t] = 0$. Прямая 4 соответствует соотношению скорости подрастания дефекта в продольном направлении МПТ и по толщине трубы $V_{\text{корр}}^L = 40 V_{\text{корр}}^h$



соком классе опасности при точном измерении. Чем больше погрешность измерений, тем расчетные кривые допустимых размеров располагаются ниже по шкале h .

Представленные результаты по оценке опасности только одного параметра - коррозионной потери металла показывают, что расчетный срок безопасной эксплуатации может существенно отличаться в зависимости от выбранного нормативного документа и принятой методики. Наиболее приемлемые результаты достигаются при учете разброса данных и погрешностей измерения, а также путем введения уже на стадии проектирования МПТ классов опасности, основанных на риске аварий, для дальнейшей оценки безопасности МПТ на стадии эксплуатации, принимая во внимание конкретный класс опасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по техническому наблюдению за постройкой и эксплуатацией морских подводных трубопроводов. НД № 2-030301-002 Российский морской регистр судоходства, Санкт-Петербург, 2017. – 87 с.
2. BS 7910. Guide to Methods for Assessing the Acceptability of Flaws in Metallic Structures. British Standards Institution, 2007. – 297 p.
3. DNVGL-RP-F101-2017 Corroded Pipelines, DNV GL AS, 2017 – 123 p.
4. DNVGL-RP-F116 Integrity management of submarine pipeline systems, DNV GL AS, 2017 – 189 p.
5. Lepikhin A, Leschenko V., Makhutov N. Defects Assessment in Subsea Pipelines by Risk Criteria. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.94851>.
6. ГОСТ 34027–2016. Магистральная трубопроводная транспортировка газа. Механическая безопасность. Назначение срока безопасной эксплуатации линейной части магистрального газопровода. М.: Стандартинформ, 2017 – 77 с.



Волго-Каспийский судоремонтный завод

Волго-Каспийский судоремонтный завод организован в 1943 году на базе Николо-Комаровской моторно-рыболовной станции и получил название «Николо-Комаровский судоремонтный завод». В 1957 году завод включен в состав предприятий Управления судостроительной, судоремонтной и металлообрабатывающей промышленности Астраханского Совнархоза. В 1962 году завод переведен в ведение Главного Управления «Каспрыва». В 1965 году завод был переименован в «Волго-Каспийский судоремонтный завод». В 1996 году постановлением главы администрации Камызякского района «Волго-Каспийский судоремонтный завод» зарегистрирован Открытым Акционерным Обществом. Волго-Каспийский судоремонтный расположен на территории 12,08 гектар на пересечении рек Бахтемир (главный банк в Каспийское море) и Старая Волга.



Аварийно-спасательное пожарное судно НЕПТУН, проект-14613, год выпуска - 1996, длина - 39,8, ширина - 7,8, осадка 2,2, водоизмещение - 385 т.



Завод располагает хорошей материально-технической базой: блок цехов, состоящий из судокорпусного, механического и трубопроводного участков; малярно-деревообрабатывающий цех; изолировочный участок, кузнечный цех; электроучасток; деревообрабатывающий цех; кислородная станция; котельная на газовом топливе; автомобильный гараж.

Имеет квалифицированные кадры рабочих и специалистов признанных Российским Морским Регистром судоходства, Российским Речным Регистром для осуществления деятельности по ремонту и строительству судов.

Предприятие оснащено всем необходимым для ремонта и строительства судов, технологическим оборудованием. Имеется плавучий неавтономный шестипонтоновый док, грузоподъемностью 2500 тонн, глубиной погружения 8,2 м., оснащенный порталным краном г/п 5 тонн и самоходными решетчатыми, грузоподъемностью по 600 кг. Максимальная длина докуемых судов составляет 125 м.

Слип предприятия позволяет поднимать мелкие и средние суда весом до 150 тонн.

Общая длина слиповых путей 340 м, подводных 72 м. Из прочих грузоподъемных средств имеются два порталных крана грузоподъемностью 32 и 10 тонн, козловой кран грузоподъемностью 30 тонн три мостовых крана грузоподъемностью 2,3,5 тонн.

Завод имеет многолетний опыт строительства судов речного и озерного класса.

С 1973 по 1995 год заводом построено 101 единица судов ПТС-20 «Колонки» научно-исследовательские суда – 3 единицы, суда технического флота СТС, СВМ.

С 2019 года построены 4 единицы несамоходного парама проекта 0033/КИБ.

Предприятие осуществляет следующие виды деятельности: строительство, ремонт, переоборудование и модернизация судов различного назначения и типа, металло- и деревообработка, изготовление металлоконструкций и нестандартного оборудования, производит ремонтно-строительные работы, оказывает транспортно-заготовительские услуги и услуги складского характера, Очистка корпусов судов и их окраска соответствуют стандарту и производятся как под наблюдением, так и без наблюдения представителей иностранных и российских фирм производителей окрасочных материалов. Имеется оборудование для гидравлической и пескоструйной очистки.

ОАО «ВК СРЗ» является владельцем ряда судов:

- «Деловой» - буксирный теплоход;
- «Москва» - буксирный теплоход;
- «БТ -185» - буксирный теплоход,
- БСН-47 – несамоходное, транспортировка топлива и масла;
- СПВ – несамоходное, сбор и выдача

подсланевых вод.

Аварийно-спасательное пожарное судно «НЕПТУН»

Предприятие имеет лицензию федеральной службы по оборонному заказу на ремонт вооружения и военной техники, признание **Российского Морского Регистра Судоходства №05.60512.141 от 04.05.2005г. Российского Речного Регистра №0397-1.**

Завод тесно сотрудничает с другими предприятиями области и России по выполнению ими услуг для ремонта радионавигационного оборудования систем автоматики, электрооборудования и других.

**416309 Россия Астраханская область, Камызякский район, пос.Волго-Каспийский ул. Набережная, 29
Тел: (85145) 98-0-31
Факс: (85145) 98-9-30
E-mail: vksrz@mail.ru**

<http://www.vksrz.astranet.ru>

**Генеральный директор:
Шуреков Николай Александрович**

«Паллада» - самое быстроходное парусное судно в мире!

Гордостью Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета является учебное парусное судно «Паллада», на котором курсанты и студенты Мореходного института и Института пищевой и холодильной техники Дальрыбвтуза, а также других морских учебных заведений Дальнего Востока познают основы профессионального мастерства и морского братства.

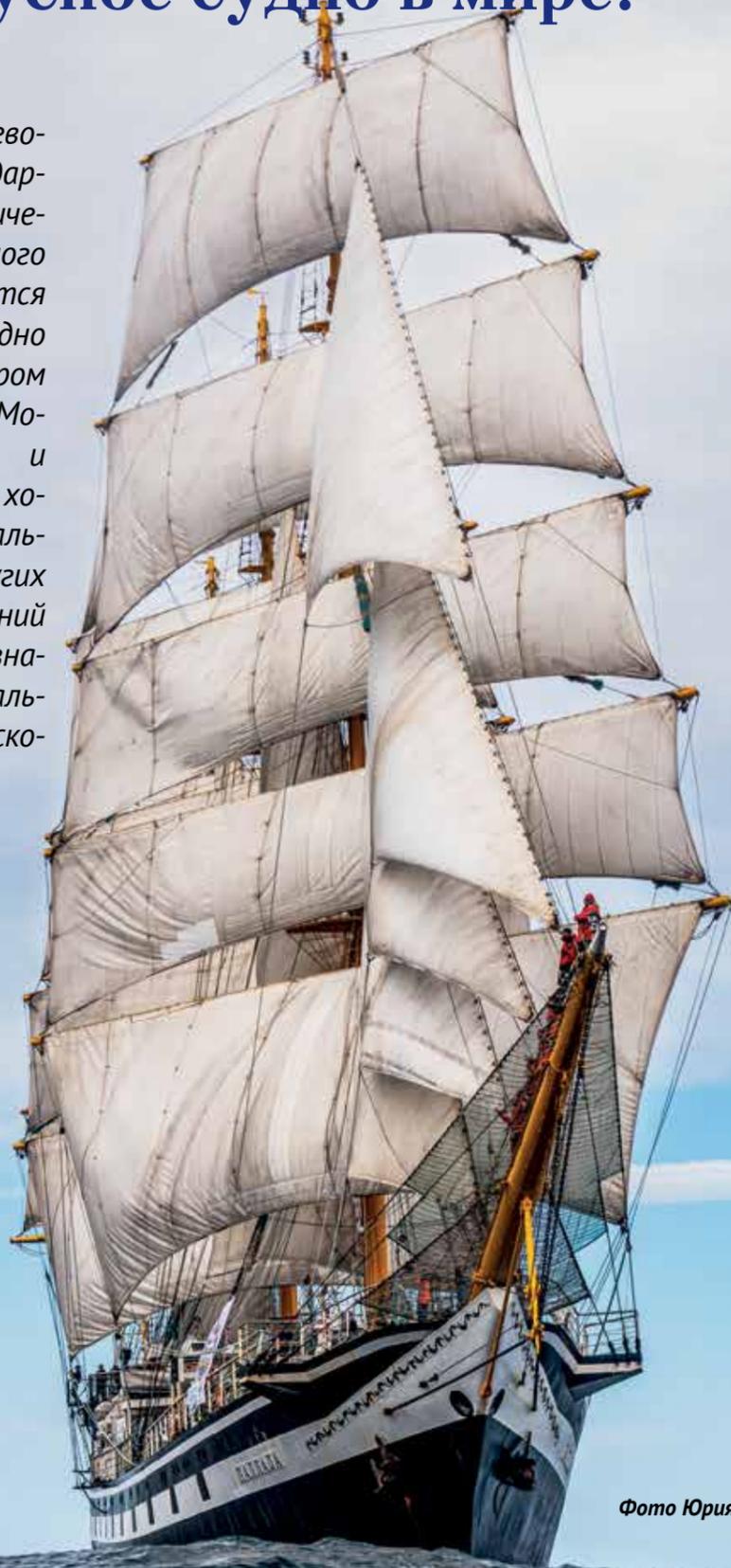


Фото Юрия Масляева

Киль «Паллады» был заложен 28 марта 1988 г. на судовой верфи в г. Гданьске (Польша). Спуск на воду состоялся через четыре месяца, Государственный флаг был поднят 4 июля 1989 года. Имя учебному парусному судну дано в честь знаменитого российского фрегата «Паллада». Это решение было принято Всесоюзным рыбопромышленным объединением «Дальрыба» в 1986 году. От своего знаменитого тезки парусник отличается тем, что оснащен двигателем и не несет на борту тяжелое пушечное вооружение. Но все также сохранились на трех мачтах две с половиной тысячи квадратных метров парусов и те же километры такелажа.

«Паллада» имеет парусное вооружение типа «корабль» – классическая трехмачтовая схема. Острые обводы носа и кормы, соотношение длины корпуса к его ширине роднят этот парусник с клиперами и виндjamмерами. Сварной металлический корпус имеет обводы быстроходного судна, перо руля обтекаемой формы. Все три мачты – стальные, выполнены как одностоечки, условно разделены на стеньги.

Стоячий такелаж выполнен из стальных оцинкованных тросов, а бегучий – из прочных синтетических. Три мачты

Киль «Паллады» был заложен 28 марта 1988 г. на судовой верфи в г. Гданьске (Польша). Спуск на воду состоялся через четыре месяца, Государственный флаг был поднят 4 июля 1989 года. Имя учебному парусному судну дано в честь знаменитого российского фрегата «Паллада». Это решение было принято Всесоюзным рыбопромышленным объединением «Дальрыба» в 1986 году. От своего знаменитого тезки парусник отличается тем, что оснащен двигателем и не несет на борту тяжелое пушечное вооружение. Но все также сохранились на трех мачтах две с половиной тысячи квадратных метров парусов и те же километры такелажа.



парусника несут прямые паруса, что позволяет при прочих равных условиях иметь самую большую площадь парусности. На УПС «Паллада» она равна 2 771 квадратных метров.

В оперативное управление «Дальрыбвтуза» учебное парусное судно «Паллада» было передано в 1997 г. УПС «Паллада» 25 лет провело в плаваниях; парусником пройдено свыше 600 000 морских миль.

Самое долгое нахождение корабля в море было в 1997 году – 311 суток! На нем прошли практику свыше 13 000 курсантов, студентов, кадетов и юнг морских и рыбохозяйственных учебных заведений не только Дальнего Востока России. Москва, Астрахань, Архангельск, Калининград, Кострома, Волгоград – вот география учебных заведений центральной и восточной части нашей страны, принимавших участие в учебных рейсах УПС «Паллада».

Ежегодно учебное парусное судно совершает по 4 рейса, география его заходов обширна: Япония, КНР, Южная Корея, Вьетнам, Сингапур, Австралия, США. Всего судно посетило 107 портов в 37 странах. Всемирную известность УПС «Паллада» завоевало не только своими участиями в международных регатах и парусных фестивалях в странах Европы, Америки, Австралии и Азии, где всегда занимало призовые места.

Учебное парусное судно «Паллада» представлено к занесению в Книгу рекордов Гиннеса как самое быстроходное парусное судно в мире, развивающее скорость более 18 узлов. Во время кругосветного плавания 2007–2008 г. был установлен новый мировой рекорд скорости – 18,8 узлов.

В соответствии с поручением Правительства Российской Федерации дальневосточный парусник успешно совершил кругосветное плавание, посвященное 190-летию кругосветного плавания российских кораблей под командованием Ф.Ф. Беллинсгаузена и М.П. Лазарева и 50-летию начала российских исследований Антарктиды. Этот кругосветный поход способствовал миру, укреплению связей России с другими государствами. Паллада с достоинством пронесла Государственный и Андреевский флаги в те районы Мирового океана, которые в последние 20 лет Россией не посещались. Кроме того, в портах Венесуэлы, Кубы, на острове Фиджи и Самоа флаг Рос-

сийской Федерации увидели впервые.

За девять с половиной месяцев плавания команда прошла 34 956 морских миль по трем океанам и двадцати трем морям, побывала на четырех континентах, посетила двадцать портов в девятнадцати странах, дважды пересекла экватор. Из 284 суток плавания 136 суток прошли в тяжелых штормовых условиях. В течение всего плавания проведено 225 авралов, отыграно 54 судовых учений и тревог по борьбе за живучесть судна.

За активное участие в проведении кругосветного плавания Указом Президента РФ члены его экипажа награждены государственными наградами. Орденом «За морские заслуги» на-



В оперативное управление «Дальрыбвтуза» учебное парусное судно «Паллада» было передано в 1997 г. УПС «Паллада» 25 лет провело в плаваниях; парусником пройдено свыше 600 000 морских миль.

гражден капитан «Паллады» Николай Кузьмич Зорченко. Медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени награждены старший помощник капитана по учебной работе Владимир Иванович Раменский, помощник капитана по электронике Виктор Гельматович Кривошеев, который работает на «Палладе» с момента постройки корабля, старший механик Петр Владимирович Холдобо, второй механик Юрий Борисович Прядко, электромеханик Сергей Васильевич Разводов.

1 июля 2011 г. учебное парусное судно «Паллада» отправилось в Международную транстихоокеанскую экспедицию, посвященную 50-летию полета в космос Ю.А. Гагарина и 270-летию открытия Русской Америки российскими мореплавателями.

За время экспедиции уникальную морскую практику в условиях океанического плавания прошли курсанты Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета и Камчатского государственного технического университета. В ходе рейса знаменитый российский парусник посетил шесть американских портов: Кадьяк, Ситке, Сиэтл, Сан-Франциско, Лос-Анджелес, Гонолулу и канадский порт Виктория, преодолел 12 030 миль. Рейс длился 100 дней.

Приморская общественность знает парусник и по его участию в таких мероприятиях, как Международный кинофестиваль «Меридианы Тихого», Международный фестиваль «Молодые капитаны Мирового океана», «Человек и море», «Дни Лаперуза» в Приморье.

Гостями «Паллады» были известные деятели культуры и искусства нашей страны, известные политики, губернаторы многих регионов, мэры российских и зарубежных городов. Во время стоянки в родном порту Владивосток судно активно посещают школьники и студенты, жители и гости города, военнослужащие и курсанты учебных заведений.

Учебное парусное судно «Паллада» представлено к занесению в Книгу рекордов Гиннеса как самое быстроходное парусное судно в мире, развивающее скорость более 18 узлов. Во время кругосветного плавания 2007–2008 г. был установлен новый мировой рекорд скорости – 18,8 узлов.

Курсанты и студенты Дальрыбвтуза приобретают на паруснике ценный опыт заграничных походов и языковой практики. Будущие инженеры, технологи набираются большого профессионального опыта в период учебных практик. Именно поэтому более 75% выпускников Дальрыбвтуза трудоустроивается по полученной специальности.

По материалам пресс-службы Росрыболовства

Харченко Ю. А. - Российский государственный университет нефти и газа (Национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина, профессор кафедры освоения морских нефтегазовых месторождений, д.т.н., профессор

Чехлов А. Н. - аспирант кафедры освоения морских нефтегазовых месторождений РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина

Материал подготовлен по публикации в журнале Нефтегаз.ру



БАРЬЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ АРКТИЧЕСКИХ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

В данной работе произведена идентификация основных иницирующих факторов, способных оказать негативное воздействие на эксплуатацию морского трубопровода в условиях арктического шельфа, и выполнен анализ существующих методов по снижению или устранению их влияния.



Начало освоения углеводородных ресурсов арктического шельфа выявило ряд новых проблем, связанных с влиянием арктических факторов на надежность и безопасность выполнения работ на всех этапах освоения нефтегазовых месторождений в этом регионе Мирового океана. Одной из таких проблем является обеспечение надежного и безопасного транспорта углеводородов от объектов добычи до мест их полной подготовки для поставки потребителям.

Распределение разрушений морских трубопроводов в зависимости от вызвавших их причин представлено на рис. 1 [12]. При этом, согласно данным [3], приведенным на рис. 2, до 80 % отказов приходится на этап эксплуатации трубопровода, т.е. на период, когда по нему осуществляется перекачка и отказ может сопровождаться утечкой углеводородов. Нарушение герметичности морского трубопровода ведет не только к потерям перекачиваемого продукта, но и к загрязнению окружающей среды, а также к еще более катастрофическим последствиям при возгорании или взрыве утекших углеводородов.

Все дефекты, которые могут привести к развитию подобных аварий, должны быть своевременно обнаружены и устранены, а лучше – предотвращены. Для этого необходимо иметь четкое понимание о существующих иницирующих факторах, способных вызвать дефекты и повреждения трубопровода, и, опираясь на эту информацию, разработать

и внедрить соответствующие защитные решения.

Техническое состояние арктических трубопроводов определяется влиянием различных природных и техногенных факторов как общих для всех акваторий Мирового океана, так и специфических, обусловленных особыми условиями Арктики. Важно также отметить, что в отличие от сухопутных трубопроводных систем морские трубопроводы в Арктике могут быть недоступны для технического обслуживания, ремонта и устранения аварийных ситуаций в течение всего ледового периода, длительность которого достигает 9 месяцев в морях Восточной Арктики.

В статье проведен анализ природных и техногенных факторов, которые могут оказывать негативное влияние на работоспособность и техническое состояние подводных промысловых трубопроводов при эксплуатации на арктическом шельфе. Определены мероприятия, направленные на предотвращение или снижение их влияния на безопасность таких трубопроводных систем. Данные мероприятия рассматриваются как барьеры безопасности [6], которые могут быть техническими (особенности конструкции, материала и т.д.), организационно-техническими (технологический режим, периодическое проведение технологических операций и т.д.) или организационно-управленческими (системное проведение мониторинга, диагностики и т.д.).

Рис. 1. Распределение причин разрушений морских трубопроводов

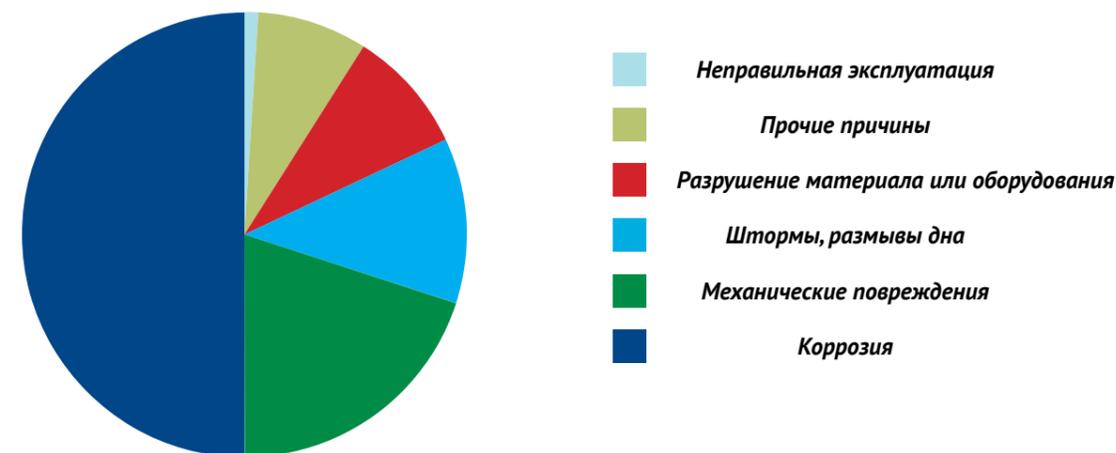
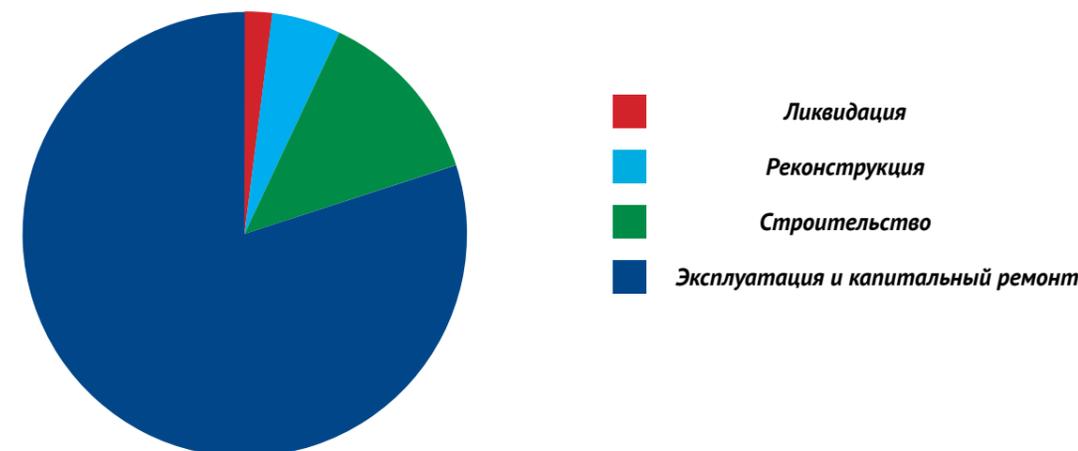


Рис. 2. Распределение отказов в жизненном цикле морских трубопроводов



Природные факторы

Взаимодействие с грунтом

Грунты морского дна выступают в качестве основания для подводных трубопроводов, а также могут служить балластировкой при прокладке в траншее с обратной засыпкой. Изменение их состояния приводит к смене пространственного положения морского трубопровода, которое в зависимости

от конкретных условий проявляется в виде всплытия, погружения в грунт, образования безопорных участков (провисов), отклонения от первоначальной трассы в горизонтальной плоскости. Следствием перечисленных процессов является возникновение дополнительных напряжений от изгиба в стенке трубы, а при наиболее неблагоприятном развитии – дефекты геометрии (вмятины, гофры, овальности).

Нарушение структуры грунтов морского дна может быть

ТАБЛИЦА 1. Классификация опасностей и барьеров безопасности, связанных с взаимодействием с грунтом

Иницирующий фактор (тип)	Возможные дефекты	Барьеры безопасности		
		Технические	Организационно - технические	Организационно - управленческие
Разжижение грунтов (общий)	Погружение в грунт, всплытие	<ul style="list-style-type: none"> Балластировка Заглубление трубопровода в грунт 	-	<ul style="list-style-type: none"> Мониторинг пространственного положения Периодический внешний осмотр, обслуживание и ремонт технических барьеров безопасности
Естественное газопроявление (общий)	Отклонение от трассы, провисы, всплытие	-	-	<ul style="list-style-type: none"> Проектирование трассы вне зон возможного газопроявления
Землетрясения (общий)	Отклонение от трассы, дефекты геометрии	<ul style="list-style-type: none"> Конструкция «труба в трубе» Увеличенная толщина стенки труб 	-	<ul style="list-style-type: none"> Периодический внешний осмотр, обслуживание и ремонт технических барьеров безопасности Периодическая диагностика
Оползни (общий)	Погружение в грунт, дефекты геометрии	То же	-	<ul style="list-style-type: none"> Мониторинг пространственного положения Периодический внешний осмотр, обслуживание и ремонт технических барьеров безопасности Проектирование трассы вне зоны возможных оползней
Пучение вечномерзлых грунтов (арктический)	Пучение, всплытие, дефекты геометрии	<ul style="list-style-type: none"> Балластировка Замена льдистого грунта основания Тепловая изоляция труб 	-	<ul style="list-style-type: none"> Мониторинг пространственного положения Периодический внешний осмотр, обслуживание и ремонт технических барьеров безопасности Периодическая диагностика Проектирование трассы вне зоны вечномерзлых грунтов
Оттаивание вечномерзлых грунтов (арктический)	Погружение в грунт, провисы, всплытие	<ul style="list-style-type: none"> Балластировка Замена льдистого грунта основания Тепловая изоляция труб 	<ul style="list-style-type: none"> Понижение температуры перекачиваемого продукта 	<ul style="list-style-type: none"> Мониторинг пространственного положения Периодический внешний осмотр, обслуживание и ремонт технических барьеров безопасности Проектирование трассы вне зоны вечномерзлых грунтов

вызвано различными причинами, в зависимости от природы которых должны быть определены соответствующие защитные меры, обеспечивающие безопасность эксплуатации морского трубопровода (табл. 1) [5, 11, 15, 20].

Влияние водной среды

Гидрометеорологические факторы могут оказывать воздействие на морской трубопровод через нарушение структуры морского дна (дополнительно к факторам, перечисленным в предыдущем разделе), движение ледовых образований, формирование ледяной корки вокруг трубы или непосредственно через динамику волн и течений (табл. 2) [2, 8, 17, 19, 20].

Наиболее значительное влияние на глубинах до 50–60 м оказывает дрейф торосов и айсбергов, активизирующий процесс ледовой экзарации – «пропахивания» дна. Контакт кила ледового образования с морским трубопроводом может привести к значительным деформациям и отклонению от первоначального положения. Также необходимо понимать, что даже при отсутствии непосредственного контакта нагрузка может передаваться на трубопровод через сжимаемый грунт засыпки [16]. Потенциальное воздействие ледовой экзарации на морской трубопровод является очень значительным, поэтому зачастую данный фактор является основным, по которому осуществляется проектирование защиты и прочностных свойств арктического трубопровода.

Техногенные факторы

Коррозия

Коррозионное разрушение металла является одной из основных причин эксплуатационных отказов в технике. Не являются исключением и морские трубопроводы, на которые оказывает влияние внутренняя и наружная коррозия.

Внутренняя коррозия морских трубопроводов обусловлена химическим взаимодействием металла труб с агрессивными компонентами перекачиваемой продукции. В результате этого взаимодействия происходит потеря металла, которая приводит к общему утонению стенки (при поверхностной коррозии) или образованию свищей (при точечной коррозии). Механизм наружной коррозии отличается тем, что в качестве агрессивной среды выступает морская вода, а также организмы при биологическом обрастании трубопровода.

Скорость описанных процессов бывает различной, и при неблагоприятных условиях коррозия может стать причиной нарушения герметичности трубопровода до окончания периода его эксплуатации. На воспрепятствование столь негативному развитию событий могут быть направлены решения, перечисленные в табл. 3 [7, 9].

Разрушение материала и оборудования

Отказы, связанные с разрушением материала и оборудо-

ТАБЛИЦА 2. Классификация опасностей и барьеров безопасности, связанных с влиянием водной среды

Иницирующий фактор (тип)	Возможные дефекты	Барьеры безопасности		
		Технические	Организационно - технические	Организационно - управленческие
Ледовая экзарация (арктический)	Дефекты геометрии, отклонение от трассы, разрыв трубы	<ul style="list-style-type: none"> Заглубление трубопровода в грунт Защитное покрытие Защитный слой Конструкция «труба в трубе» Наклонно-направленное бурение и микротоннелирование Увеличенная толщина стенки труб 	<ul style="list-style-type: none"> Управление состоянием ледовых массивов 	<ul style="list-style-type: none"> Мониторинг ледовой обстановки Периодическая диагностика Периодический внешний осмотр, обслуживание и ремонт технических барьеров безопасности
Волны, течения (общий)	Отклонение от трассы, провисы, всплытие	<ul style="list-style-type: none"> Балластировка Заглубление трубопровода в грунт Защитный слой 	-	<ul style="list-style-type: none"> Мониторинг пространственного положения Периодический внешний осмотр, обслуживание и ремонт технических барьеров безопасности
Эрозионные воронки (арктический)	Провисы, всплытие	То же	-	То же
Обледенение (арктический)	Всплытие	<ul style="list-style-type: none"> Балластировка Заглубление трубопровода в грунт Тепловая изоляция труб 	<ul style="list-style-type: none"> Повышение температуры перекачиваемого продукта Путевой подогрев потока 	<ul style="list-style-type: none"> Мониторинг пространственного положения Периодический внешний осмотр, обслуживание и ремонт технических барьеров безопасности

вания морского трубопровода, могут происходить как из-за повреждений, возникших во время эксплуатации, так и быть следствием развития строительных или производственных дефектов, которые не были выявлены до запуска объекта в эксплуатацию (табл. 4). Запорная арматура и другое оборудование, устанавливаемые на подводной части морского трубопровода, при недостаточном качестве исполнения также могут быть источниками локальных утечек перекачиваемого продукта [13].

Нарушение режимов эксплуатации

Нарушения технологического режима перекачки могут стать причиной интенсификации процессов разрушения материала стенок труб, а также вызвать повышение внутреннего давления среды. Это приводит к росту напряжений в стенке трубы, что может спровоцировать неконтролируемое развитие уже существующих производственных, строительных или эксплуатационных дефектов. Конкретные факторы, приводящие при неправильной эксплуатации к неконтролируемому росту внутреннего давления в трубопроводе, зависят от характера перекачиваемой среды (табл. 5) [1, 4, 10, 18].

Случайные воздействия

Основными источниками механических повреждений морских трубопроводов являются случайные воздействия при осуществлении хозяйственной деятельности (судоход-

ства, рыболовства) в охранной зоне трубопровода.

Осуществление морских операций вблизи трассы морского трубопровода может являться причиной ударных нагрузок от падения различных предметов, столкновений с траловыми досками, которые способны вызвать дефекты геометрии (вмятина, овальность), поверхностные дефекты (риски, задиры), а также повреждения внешнего защитного покрытия, балластировки и т.д. При зацеплении трубопровода тралом или якорем возможно его отклонение от первоначальной трассы, что приводит к возникновению дополнительных напряжений от изгиба. Поэтому контроль за соблюдением запрета на постановку на якорь и сброс рыболовецких тралов в охранной зоне является неотъемлемой частью системы обеспечения безопасности морского трубопровода.

Технические барьеры безопасности для защиты морского трубопровода от механических повреждений являются одинаковыми независимо от источников, их инициирующих, и уже были описаны в разделе о воздействии ледовой экзарции.

Обнаружение и устранение дефектов и отказов

Подход, основанный на исследовании инициирующих факторов и внесении в проект необходимых технических

ТАБЛИЦА 3. Классификация опасностей и барьеров безопасности, связанных с коррозией

Иницирующий фактор (тип)	Возможные дефекты	Барьеры безопасности		
		Технические	Организационно-технические	Организационно-управленческие
Внутренняя коррозия (общий)	Потеря металла	<ul style="list-style-type: none"> Внутреннее антикоррозионное покрытие Коррозионностойкие стали Увеличенная толщина стенки труб 	<ul style="list-style-type: none"> Ингибирование Удаление агрессивных компонентов из потока 	<ul style="list-style-type: none"> Мониторинг скорости коррозии Периодический внешний осмотр, обслуживание и ремонт технических барьеров безопасности Периодическая диагностика
Наружная коррозия (общий)	Потеря металла	<ul style="list-style-type: none"> Наружное антикоррозионное покрытие Коррозионностойкие стали Увеличенная толщина стенки труб Электрохимическая защита 	-	<ul style="list-style-type: none"> Периодический внешний осмотр, обслуживание и ремонт технических барьеров безопасности Периодическая диагностика

ТАБЛИЦА 4. Классификация опасностей и барьеров безопасности, связанных с разрушением материала или оборудования

Иницирующий фактор (тип)	Возможные дефекты	Барьеры безопасности		
		Технические	Организационно-технические	Организационно-управленческие
Производственные или строительные дефекты (общий)	Дефекты сварного шва и металла труб	-	<ul style="list-style-type: none"> Испытание перед приемкой 	<ul style="list-style-type: none"> Входной контроль материалов Контроль за соблюдением строительных норм и правил Периодическая диагностика
Негерметичность запорной арматуры и оборудования (общий)	Локальные утечки	-	<ul style="list-style-type: none"> Испытание оборудования перед установкой 	<ul style="list-style-type: none"> Минимизация количества запорной арматуры и оборудования на подводной части трубопровода Использование высококачественного оборудования

ТАБЛИЦА 5. Классификация опасностей и барьеров безопасности, связанных с неправильной эксплуатацией

Иницирующий фактор (тип)	Возможные дефекты	Барьеры безопасности		
		Технические	Организационно-технические	Организационно-управленческие
Вибрация (общий)	Усталостные трещины	<ul style="list-style-type: none"> Увеличенная толщина стенки труб 	<ul style="list-style-type: none"> Регулирование фазового состава потока 	<ul style="list-style-type: none"> Периодическая диагностика Периодический визуальный
Образование эмульсий (общий)	Повышение давления	-	<ul style="list-style-type: none"> Использование деэмульгаторов Удаление воды из жидкой фазы (сепарация) Периодическая очистка механическими поршнями 	-
Эрозия (общий)	Потеря металла	<ul style="list-style-type: none"> Внутреннее защитное покрытие Износостойкие стали Увеличенная толщина стенки 	<ul style="list-style-type: none"> Уменьшение скорости потока Удаление механических примесей из потока 	<ul style="list-style-type: none"> Периодическая диагностика
Отложение парафинов (общий)	Повышение давления, полная остановка перекачки	<ul style="list-style-type: none"> Тепловая изоляция труб 	<ul style="list-style-type: none"> Периодическая очистка механическими поршнями Периодическая промывка горячей жидкостью Ингибирование Повышение температуры перекачиваемого продукта Путевой подогрев потока 	<ul style="list-style-type: none"> Мониторинг режима перекачки
Отложение газогидратов (общий)	Повышение давления, полная остановка перекачки	<ul style="list-style-type: none"> Тепловая изоляция труб 	<ul style="list-style-type: none"> Периодическая очистка механическими поршнями Разрушение пробок сбросом давления Ингибирование Повышение температуры перекачиваемого продукта Путевой подогрев потока Удаление воды из потока 	<ul style="list-style-type: none"> Мониторинг режима перекачки
Жидкостные пробки (общий)	Повышение давления. Поступление жидких пробок на установки комплексной подготовки газа	<ul style="list-style-type: none"> Строительство пробкоуловителей 	<ul style="list-style-type: none"> Удаление жидкости из потока (сепарация) Разрушение пробок повышением расхода газа Периодический пропуск поршней Поддержание расхода газа выше критического уровня 	<ul style="list-style-type: none"> Мониторинг режима перекачки
Гидравлические удары (общий)	Резкое повышение давления	<ul style="list-style-type: none"> Применение труб большого диаметра Система защиты от гидроударов Увеличенная толщина стенки труб 	-	<ul style="list-style-type: none"> Контроль скорости открытия/закрытия запорной арматуры, запуска/остановки насосов

решений, сводящих к минимуму риск появления дефектов, является предпочтительным. Однако из-за того, что вероятность проявления и степень воздействия многих из описанных опасностей являются случайными величинами, возможность повреждения трубопровода за период его эксплуатации не может быть полностью исключена. Также на столь продолжительном отрезке времени вполне вероятны отказы технических барьеров безопасности. Поэтому при проектировании морского трубопровода должна быть разработана система организационно-управленческих барьеров безопасности, включающая проведение периодического внешнего осмотра, технического обслуживания и текущего ремонта технических барьеров безопасности, внутритрубной диагностики и мониторинга пространственного положения для своевременного выявления дефектов, а также алгоритмы проведения ремонтных работ и устранения последствий аварий с учетом короткого межледового периода в Арктическом регионе.

Оперативной мерой реагирования на обнаружение критических дефектов морского трубопровода может являться снижение внутреннего давления до безопасного уровня. Но при таком решении не обеспечивается заданная производительность трубопровода, поэтому оно может носить лишь временный характер до устранения дефекта одним из методов постоянного ремонта, к которым относятся: санация трубопровода с помощью полимерных рукавов, вырезка катушки, установка ремонтной муфты, установка хомута, шлифовка, заварка [13]. Ремонт осуществляется с подъемом трубопровода на судно или непосредственно на морском дне со спуском водолазов или дистанционно с применением телеуправляемых подводных аппаратов.

В случае если дефект не удалось вовремя обнаружить и устранить, и его развитие привело к отказу, связанному с нарушением герметичности трубопровода, от скорости выявления, локализации и устранения последствий утечки будет существенно зависеть уровень ущерба, нанесенный окружающей среде, и степень опасности, которой подвергнется персонал технологической платформы. Особую опасность для Арктического региона представляет разлив нефти в ледовый период, когда какие-либо операции по ликвидации аварий в их классическом понимании невозможны.

Одной из особенностей эксплуатации морских трубопроводов является сложность визуального обнаружения утечек на подводном участке. Применение систем контроля утечек, основанных на акустических, оптоволоконных, сенсорных и флуоресцентных методах, а также дифференциальном методе сведения баланса расходов, позволяет на ранней стадии выявить нарушение герметичности трубопровода и оперативно предпринять меры по локализации и ликвидации последствий аварии.

После обнаружения утечки дальнейшие действия должны производиться в соответствии с заранее утвержденным планом ликвидации последствий аварий, включающим указания по отключению поврежденного участка от подачи перекачиваемой среды (при больших утечках отсечение может происходить автоматически), организации ремонтных работ, сбору и утилизации продукта. Успех операции по ликвидации аварийного разлива в значительной мере зависит от степени готовности соответствующих сил и средств и профессионального уровня специалистов, отвечающих за организацию процесса. Данный барьер безопасности является последним на пути развития опасной ситуации, и от его эффективности зависит, будет ли иметь отказ катастрофические последствия или нет.

Как уже отмечалось, при эксплуатации трубопровода в ледовый период проведение каких-либо ремонтно-восстановительных работ по его трассе крайне ограничено. Поэтому возникшие в этот период дефекты и нарушения технологического режима из-за запроектных (экстремальных)

нагрузок от воздействия перечисленных выше иницирующих факторов не могут быть устранены путем оперативного проведения ремонтно-восстановительных работ по аналогии с сухопутными месторождениями. В этом случае важно оценить возможность продления эксплуатации трубопровода до завершения ледового периода с учетом эффективности используемых барьеров безопасности. Фактически необходимо ответить на вопрос: достаточно ли действующих барьеров безопасности для локализации дефекта или отклонения от режима эксплуатации и предотвращения их перерастания в глобальную аварию? В последние годы для оценки поведения технических систем в условиях экстремальных воздействий различных иницирующих факторов, которые приводят к возникновению аварийных ситуаций, используют понятие живучести [14].

Вследствие высокого уровня неопределенности, связанной с типом и интенсивностью возможных экстремальных воздействий и вызываемых ими повреждений, а также способностью трубопровода «сопротивляться» повреждениям, мера живучести должна быть вероятностной, то есть определяться вероятностью сохранения трубопроводом заданных функциональных свойств φ при экстремальных воздействиях A_i [14]:

$$G = f(P[\varphi | A_i]) \quad (1)$$

В зависимости от интенсивности иницирующих факторов и эффективности работы систем обеспечения живучести (барьеров безопасности), трубопровод после воздействия иницирующего фактора в конечном счете может перейти в одно из возможных состояний (табл. 6).

Таким образом, данная характеристика трубопровода позволяет оценить его возможность противостоять экстремальным воздействиям, сохраняя при этом свою работоспособность в определенных пределах. Такой подход к оценке состояния подводного трубопровода, расположенного в акватории замерзающего моря, позволит более полно оценить его степень безопасности с учетом технического состояния, выбранных режимов эксплуатации, наличия иницирующих факторов и используемых барьеров безопасности.

Заключение

К настоящему времени в мире накоплен значительный опыт эксплуатации подводных трубопроводов. Большая часть этого опыта относится к трубопроводам, проложенным в незамерзающих акваториях Мирового океана. Его анализ показывает, что с учетом разработанных и внедренных барьеров безопасности, интенсивность аварий на морских трубопроводах постоянно сокращалась.

Начало эксплуатации трубопроводных систем на субарктическом и арктическом шельфах примерно на четверть расширило перечень иницирующих факторов, воздействию которых может быть подвержен морской трубопровод. Все выявленные факторы являются значимыми и могут стать причинами инцидентов и аварий. Также отмечено, что отличительной особенностью арктических морских трубопроводов является их почти полная автономность в ледовый период, когда невозможно реализовать оперативные мероприятия по ремонту или техническому обслуживанию.

Это накладывает особую ответственность на этап проектирования, на котором с учетом всех возможных иницирующих факторов должны быть определены эффективные барьеры безопасности, позволяющие обеспечить не только высокий уровень надежности трубопроводных систем, но и их живучесть [14], т.е. сохранение способности безопасно функционировать в условиях запроектных нагрузок. Учитывая случайный характер данных воздействий, целесообразно применять, наряду с детерминированными, и вероятност-

ТАБЛИЦА 6. Степень потери живучести трубопровода в соответствии с результатами воздействия иницирующего фактора

Состояние	Степень потери живучести	Результат воздействия иницирующего фактора
1 - неработоспособное	Полная	Разрушение трубопровода, требующие капитального ремонта, связанного с заменой участков труб. Остановка перекачки на длительное время
2 - временно неработоспособное	Сильная	Значительный ущерб, требующий текущего ремонта без замены участков труб. Требуется остановка перекачки до проведения ремонта
3 - работоспособное с ограничениями	Средняя	Ущерб, требующий текущего ремонта без замены участков труб. Требуется снижение производительности трубопровода до проведения ремонта
4 - работоспособное	Слабая	Инцидент, требующий дополнительной диагностики трубопровода и выполнения профилактических мероприятий. Снижение производительности не требуется
5 - исправное	Отсутствует	Трубопровод работает в штатном режиме

ные методы анализа безопасности морских трубопроводов. Они позволяют производить углубленное качественное и количественное исследование живучести трубопроводных систем с учетом их внутренних свойств и параметров окружающей среды, выявлять факторы, вносящие наибольший вклад в вероятность развития аварии, а также выполнять сравнение различных возможностей по уменьшению риска возникновения аварийных ситуаций.

Литература

- Ахмадеев А.Г. Технологии очистки морских подводных трубопроводов при отсутствии возможности применения очистных устройств / А.Г. Ахмадеев, Т.К. Шон, Ф.Т. Винь // Нефтяное хозяйство. – 2016. – № 11. – С. 124–127.
- Вальдман Н.А. Анализ риска и обеспечение безопасности при проведении морских операций и работ на шельфе / Н.А. Вальдман, Н.В. Жарких, Н.Л. Маляренко, Д.М. Яковлев. – СПб.: ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2018. – 258 с.
- Васильев Г.Г. Проблемы выбора методики оценки рисков при инвестиционном проектировании морских трубопроводов / Г.Г. Васильев, Ю.А. Горяинов, А.Н. Лаврентьева // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 9. – С. 108–110.
- Воронков О. Оценка усталостной прочности подводных выкидных трубопроводов / О. Воронков, А. Мюллер, А. Ред, С. Гудвин // Offshore [Russia]. – 2015. – № 1 (7). – С. 64–68.
- Голубин С.И. Оценка геологических опасностей при эксплуатационном мониторинге объектов морских месторождений шельфа острова Сахалин / С.И. Голубин, К.Н. Савельев, А.И. Новиков // Газовая промышленность. – 2019. – № S1 (782). – С. 30–35.
- Жуков И.С. Барьеры безопасности: понятие, классификация, концепция // И.С. Жуков // Журнал Безопасность Труда в Промышленности. – 2017. – № 5. – С. 49–56.
- Запечалов Д.Н. Оценка коррозионных условий и решений по защите морских объектов от внутренней коррозии / Д.Н. Запечалов, Р.К. Вагапов, Р.А. Мельситдинова // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2018. – № 4 (36). – С. 79–86.
- Захаров А.А. Оценка устойчивости магистрального газопровода на участке подводного перехода через Байдаракскую губу при отрицательных температурах транспортируемого газа / А.А. Захаров, А.В. Крюков, С.Н. Булдович, В.З. Хилимонюк // Газовая промышленность. – 2014. – № 11 (714). – С. 95–100.
- Кулиев М.М. Методика расчета защиты от коррозии магистральных морских подводных трубопроводов с использованием браслетных гальванических анодов / М.М.

Кулиев, В.А. Салманлы // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2010. – № 10. – С. 15–19.

10. Лаптева Т.И. Моделирование переходных процессов, происходящих в морском трубопроводе при перекачке углеводородов / Т.И. Лаптева // Экспозиция Нефть Газ. – 2016. – № 4 (50). – С. 62–66.

11. Лаптева Т.И. Устойчивость морских трубопроводов, находящихся в донных грунтах, подверженных явлению разжижения / Т.И. Лаптева, М.Н. Мансуров, Д.Х. Чумарин, Л.А. Копаева // Газовая промышленность. – 2011. – № 5 (661). – С. 98–101.

12. Лисанов М.В. Аварийность на морских нефтегазовых объектах / М.В. Лисанов, С.И. Сумской, А.В. Савина, Е.А. Самусева // Oil and gas journal Russia. – 2010. – № 5 (39). – С. 48–53.

13. Мансуров М.Н. Проблемы надежности и ремонта морских подводных трубопроводов для транспорта нефти и газа при освоении континентального шельфа / М.Н. Мансуров, Т.И. Лаптева // Территория «Нефтегаз». – 2013. – № 6. – С. 72–80.

14. Махутов Н.А. Оценка живучести сложных технических систем / Н.А. Махутов, Д.О. Резников, В.П. Петров, В.И. Куксова // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2009. – № 3. – С. 47–66.

15. Миронюк С.Г. Геологические опасности осваиваемых месторождений восточного шельфа о. Сахалин: идентификация и принципы картографирования / С.Г. Миронюк // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2015. – № 2 (22). – С. 113–117.

16. Наумов М.А. Параметрический анализ воздействия ледовой экзарации на заглубленный трубопровод / М.А. Наумов // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2013. – № 3 (14). – С. 141–149.

17. Онищенко Д.А. Вероятностный подход к оценке интенсивности ледовой экзарации в районе трасс морских трубопроводов / Д.А. Онищенко // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2013. – № 3 (14). – С. 150–157.

18. Сулейманов В.А. Определение области безопасной эксплуатации при транспортировке многофазного флюида по протяженному морскому трубопроводу / В.А. Сулейманов, Н.А. Бузников // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2018. – № 2 (34). – С. 44–50.

19. Харченко Ю.А. Освоение нефтегазовых месторождений континентального шельфа: Часть 2: Безопасность и риски при эксплуатации месторождений в Арктике / Ю.А. Харченко, А.С. Оганов, Е.В. Богатырева: Учебное пособие. – М.: Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2018. – 296 с.



Российский ледокольный флот: там, где климат суров

В настоящее время Россия является одним из немногих государств, располагающих собственным ледокольным флотом. В эксплуатации находится более 40 ледоколов разных классов, а также несколько судов с ядерной энергетической установкой. Как по количеству, так и по качеству ледокольный флот России не имеет равных в мире. При этом его развитие не останавливается.

Актуальное состояние

По известным данным, сейчас в нашей стране эксплуатируется 41 ледокол нескольких классов и типов. Эти суда способны обеспечивать деятельность портов или проводить караваны по маршрутам. Все имеющиеся ледоколы распределены между несколькими основными эксплуатантами и работают во всех регионах, где требуется их помощь.

Наиболее крупный флот ледоколов принадлежит ФГУП «Росморпорт» – более 30 единиц. В составе этого флота служат суда нескольких типов, причем речь идет только о дизельных ледоколах. Техника схожих классов также

имеется у нескольких пароходств разных регионов, не входящих в состав «Росморпорта».

Немногочисленный, но важный ледокольный флот принадлежит ФГУП «Атомфлот». Эта организация отвечает за эксплуатацию четырех атомных ледоколов, одного атомного лихтеровоза ледового класса и судов обеспечения. Существуют планы по выводу части атомных ледоколов из эксплуатации с заменой новыми судами.

Ледоколы приписаны к ряду портов России, но основная их масса сосредоточена лишь в нескольких местах. Наибольшее число ледоколов служит в Санкт-Петербурге и Мурманске. Также суда базируются в Архангельске, Вла-

дивостоке, Калининграде и т.д. Такое распределение ледокольного флота позволяет обеспечивать деятельность портов и перевозки на всех основных направлениях, как на море, так и на некоторых реках.

Основные типы

Самым старым из имеющихся ледоколов можно считать судно «Красин», построенное в 1917 г. Оно оставалось на службе до 1998 г., после чего было превращено в музей и поставлено у причала в Санкт-Петербурге.

Наиболее старый ледокол на активной службе – «Кару», тоже работающий в Санкт-Петербурге. Это судно





было построено в конце пятидесятых годов и до 1986-го принадлежало Финляндии. Сейчас оно входит во флот «Росморпорта».

В 1973-76 гг. Финляндия по советскому заказу построила три дизельных ледокола пр. Р-1039 «Ермак». Все они до сих пор остаются в строю. Головной «Ермак» служит в Санкт-Петербурге, серийные «Адмирал Макаров» и «Красин» – во Владивостоке. Суда принадлежат соответствующим филиалам «Росморпорта».

Начиная с середины семидесятых, в Хельсинки специально для СССР построили 21 ледокол проектов 1101, 1105, 1108 и 1191. 20 судов этих типов до сих пор продолжают службу. Основным их эксплуатантом является «Росморпорт», но несколько судов принадлежат Ленскому объединенному речному пароходству (приписка в Тикси и Восточном), а также «Норильскому никелю» (порт Дудинка). Прочие ледоколы служат на Балтике, на Черном море, на Севере и на Дальнем Востоке.



В первой половине восьмидесятых Финляндия построила три ледокола типа «Мудьюг». Сейчас они служат в составе «Росморпорта» с базированием в Санкт-Петербурге, Архангельске и Владивостоке.

В 2008-2009 гг. «Росморпорт» получил два судна пр. 21900 – «Москва» и «Санкт-Петербург», построенные «Балтийским заводом». Оба ледокола приписаны в Санкт-Петербурге. В 2015-16 гг. ледокольный флот на Балтийском море пополнился тремя единицами пр. 21900М.

Атомный ледокольный флот включает четыре судна двух типов. Это ледоколы «Ямал» и «50 лет Победы» проекта 10520/10521 «Арктика», а также «Таймыр» и «Вайгач» проекта 10580. В недавнем прошлом в строю находилось несколько других атомных ледоколов, но к настоящему времени их эксплуатация прекращена.

С недавнего времени ведется формирование собственной ледокольной группировки в составе Северного флота ВМФ России. В 2017 г. в строй введен многоцелевой патрульный ледокол «Илья Муромец» пр. 21180. Его задачей является проводка судов и кораблей, оказание помощи и, при необходимости, участие в боевых действиях.



Суда будущего

В последние годы часть атомных ледоколов «Атомфлота» пришлось списать по причине морального и физического устаревания. Для их замены разработан пр. 22220 / ЛК-60Я. Несколько таких судов уже строится; также имеются планы по дальнейшему строительству.

Головной ледокол пр. ЛК-60Я, «Арктика», заложили на «Балтийском заводе» в 2012 г. Спуск на воду состоялся в июне 2016 г. В октябре 2019-го запустили реактор.

Первый серийный ледокол, «Сибирь», строился с 2015 г. и в сентябре 2017-го был спущен на воду. Ожидаемый срок сдачи – 2021 г. В 2022-м планируется сдать второй серийный

ледокол «Урал». Его заложили в 2016 г. и спустили на воду в 2019-м. Осуществляется достройка. Имеется контракт на четвертый и пятый ледоколы серии. Их закладка состоится в 2020-21 гг., сдача – в 2024-26 гг.

Планируется строительство головного судна нового проекта 10510 / ЛК-110Я / ЛК-120Я «Лидер». Судостроительный комплекс «Звезда» за





несколько лет должен будет построить три таких ледокола, отличающиеся повышенными характеристиками.

Дизель-электрический ледокол «Виктор Черномырдин» пр. 22600 / ЛК-25 строился с 2012 г. на «Балтийском заводе»; позже заказ передали «Адмиралтейским верфям». В интересах ВМФ строится головной ледокол

Общее состояние

Сейчас Россия имеет самый крупный в мире ледокольный флот. Кроме того, наша страна является единственным в мире обладателем атомных ледоколов. Все это позволяет решать широкий круг экономических, научных,

восьмидесятых годах прошлого века. При должном обслуживании и своевременном проведении ремонта дизельные суда могут продолжать службу и в будущем. С атомным флотом дело обстоит иначе. В последние годы пришлось вывести из эксплуатации и утилизировать несколько таких судов ввиду невозможности продления сроков



обновленного пр. 21180М. «Евпатий Коловрат» был заложен в конце 2018 г., в дальнейшем может появиться заказ на второе подобное судно. Таким образом, в составе ВМФ восстанавливается собственный ледокольный флот, причем его суда создаются с учетом специфики военной службы.

военных и иных задач в ряде регионов с суровым климатом. Наличие крупного ледокольного флота дает известные преимущества, однако его строительство и развитие является достаточно сложным делом.

Основная масса наличных ледоколов была построена в семидесятых-

службы.

Фактически российский ледокольный флот нуждается в планомерном строительстве новых современных судов для постепенной замены имеющихся. Подобные меры уже приняты в сфере атомного судостроения. В дополнение к четырем атомным ледоко-



лам на службе строятся три новых, и такое же количество будет заложено в обозримом будущем.

Схожие меры принимаются и в области неатомных ледоколов, однако наиболее интересный пр. 22600 постоянно сталкивается с проблемами разного рода. Из-за них самый большой в мире дизель-электрический ледокол до сих пор не готов к работе.

Большой интерес представляет программа строительства специализи-

рованных патрульных ледоколов для военно-морского флота. Ледоколы специально для ВМФ не строились в течение нескольких десятилетий, но теперь ситуация меняется. Флот уже получил головное судно нового проекта, и вскоре в строй встанет второе. Наличие собственных ледоколов сократит зависимость ВМФ от гражданских структур, а также упростит решение ряда задач военного характера.

В целом состояние отечественного

ледокольного флота дает поводы для оптимизма. Наличные суда справляются со своей работой, а в ближайшем будущем к ним добавятся новые. Имеются некоторые проблемы и недостатки, но они не оказывают особого влияния на общее положение дел. В итоге четыре десятка российских ледоколов решают поставленные задачи, обеспечивая экономическую и военную деятельность в регионах с суровым климатом.

**Кандидат технических наук,
почетный председатель
Севастопольского Морского Собрания
Кот Виктор Павлович**

Арктический рефрижераторный флот

«Суда отражают, а иногда даже превосходят до некоторой степени уровень развития человеческой цивилизации. Конструкция судов и искусство мореплавания – это важнейшие ключи к пониманию культуры».

Элизабет Манн-Боргезе «Драма океана».

Эти слова Манн-Боргезе в полной мере отражают актуальность создания многоцелевого арктического рефрижератора типа «Арктик» с учетом требований Полярного кодекса, сложных метеоусловий при плавании по СМП и выполнении программы северного завоза.

Немного истории.

В России рефрижераторные суда появились в конце XIX века. В 1888 году была организована перевозка рыбы по Волге из Астрахани в Царицын на барже «Сулуки», грузоподъемностью 160 тонн, с холодильными системами «Лейтфут».

В 1910 – 1913 годах осуществлялась перевозка мороженой рыбы с Камчатки в Одессу и Санкт-Петербург. На этих линиях работали пароход «Роман», грузоподъемностью 1415 тонн, а также пароход «Евгений», грузоподъемностью 1307 тонн, имевшие углекислотные холодильные установки системы

«Холл» и «Хаслам» соответственно.

В 1925 году на стапелях Северной судостроительной верфи были заложены два корпуса серии первых советских рефрижераторных грузопассажирских теплоходов, головной – «Алексей Рыков» (с 1937 года – «Андрей Жданов»). Эти суда были спроектированы специально для перевозки продовольственных грузов из Ленинграда в Лондон и получили неофициальное название «лондонские» рефрижераторы.

Кроме экспортных перевозок вологодского и сибирского сливочного масла и других продуктов эти суда обеспечивали вывоз морепродуктов с Дальнего Востока в европейскую часть Союза. На Дальний Восток этими же судами отправлялась продовольственная продукция Крыма и Кавказа. Все эти рейсы совершались по южному морскому пути через Суэцкий канал, для плавания по Северному морскому пути (СМП) эти суда не были приспособлены.

Для современной России развитие грузоперевозок через Северный морской путь – одно из приоритетных направлений государственной политики по развитию Арктики и СМП.

СМП – это главная судоходная магистраль Арктики, которая представляет собой кратчайшую трассу, соединяющую Дальний Восток и европейскую часть страны.

Возможность использования Северного морского пути в целях торгового мореплавания человечество начало заниматься более 400 лет назад. В 1720 году Петр I проблему Северного морского пути выдвинул в ранг государственной. После Петра I вопросом о Северном морском пути вплотную

В России рефрижераторные суда появились в конце XIX века. В 1888 году была организована перевозка рыбы по Волге из Астрахани в Царицын на барже «Сулуки», грузоподъемностью 160 тонн, с холодильными системами «Лейтфут».

заялся великий русский учёный – Михаил Васильевич Ломоносов.

На современном этапе Президент России В.В. Путин поставил стратегическую цель – сделать СМП глобальной транспортной артерией в Арктике икратно увеличить ежегодный грузооборот уже к 2024 году до 80 млн тонн. В настоящий момент основной объем грузов, перевозимых по СМП, составляют сырьевые товары нефтегазовой и горнодобывающей промышленности. При этом перевозки замороженных и охлаждаемых продуктов занимают мизерную часть грузооборота, так как основная их часть направляется в качестве снабжения в населенные пункты северных регионов страны. С учетом количества добываемых морских биоресурсов в дальневосточных морях в этом объеме есть огромный потенциал, чтобы занять значительную часть (до 10 млн тонн) грузоперевозок многоцелевыми арктическими рефрижераторами, доставляя по СМП экологически чистые морепродукты Дальнего Востока в европейскую часть России и грузы

по программе Северного завоза на обратном пути.

У современной России, к сожалению, арктических рефрижераторов нет, а многовековая мечта российских первопроходцев открыть круглогодичную навигацию по СМП может быть реализована исключительно строительством серии многоцелевых арктических рефрижераторов с высокой ледопробиваемостью, маневренностью, мощной энергетической установкой, позволяющей судну работать в экстремальных климатических, ледовых условиях Арктики и Дальнего Востока, а также отвечающих стандартам Полярного кодекса, резолюции MSC. 385 (94) и МЕРС. 264 (68).

Каким же должен быть многоцелевой арктический рефрижератор будущего?

Ответы на этот вопрос, после творческой проработки с «арктическими» капитанами, капитанами промыслового флота Дальнего Востока и предпроект с главным конструктором проекта ООО «ПКБ «Петробалт» Кошелевым



Антоном Викторовичем, представлены как «Арктические опции».

Основные арктические опции, которые должны быть реализованы в проекте арктического рефрижератора (ранее в проектах рефрижераторов, строящихся в СССР и современной России, не использовались):

1. Ледовый класс судна от ARC – 4 до ARC – 7

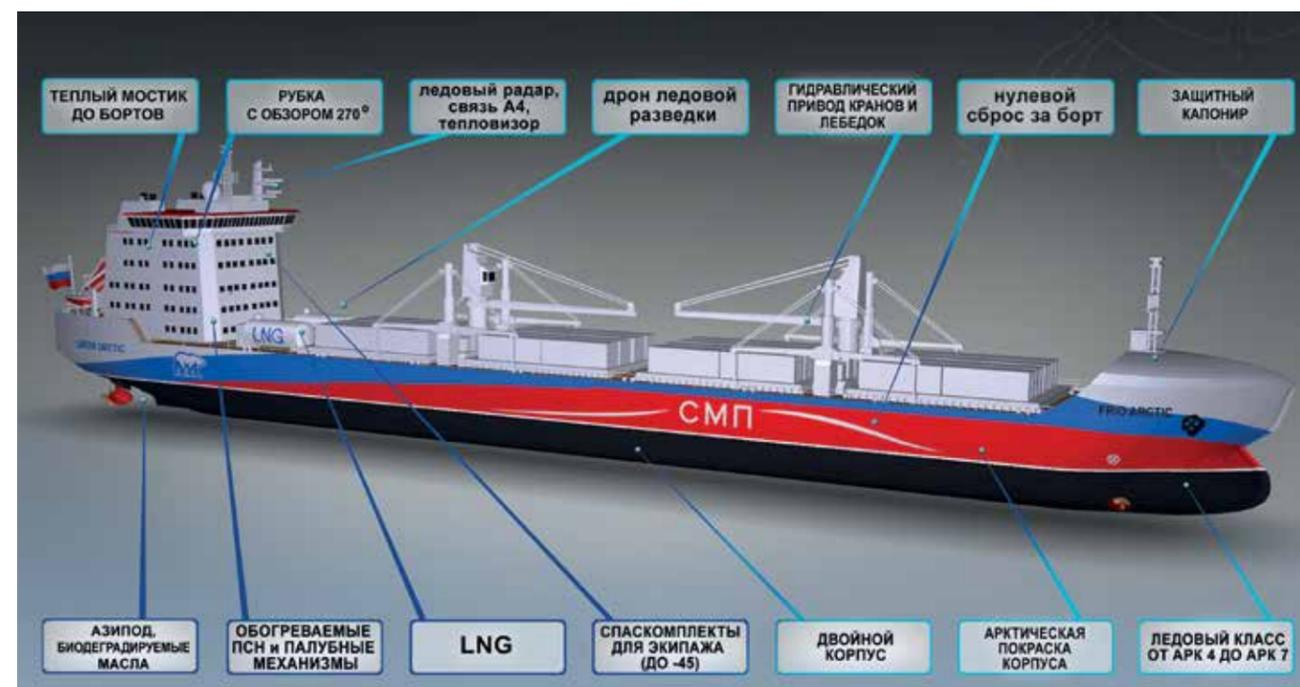
2. Двойной корпус судна
3. Состав танков двойного корпуса обеспечивает исключение вероятности загрязнения нефтепродуктами хрупкой экосистемы Арктики.
4. Судно двойного действия с ахтерштевнем ледокольного типа и другим оборудованием, обеспечивающим безопасное морепла-

- вание кормой вперед.
5. Ходовой мостик кругового обзора, организованный обогреваемыми ручными окнами по периметру, включая крылья рулевой рубки.
6. Кормовой пульт судоводителя, позволяющий беспрепятственно управлять судном во льдах при движении кормой вперед.
7. Полубак, закрытый капониrom,



Характеристики судна:

Длина габаритная, не более м	200
Ширина габаритная, не более м	23
Высота борта, м	14
Энергетическая установка	дизель-электрическая
Мощность главных дизель-генераторов, кВт	ок. 3x7000
Мощность стояночного дизель-генератора, кВт	ок. 1500
Мощность АДГ, кВт	ок. 750
Тип двигателей	винторулевая колонка
Мощность двигателей, МВт	2x7,0
Экипаж, чел.	40
Автономность по топливу, суток	40
Автономность по запасам (масло, провизия, вода), суток	60
Количество грузовых трюмов, шт.	4
Объем грузовых трюмов, м ³	12 000
Запас топлива не менее, м ³	5500
Запас СПГ не менее, м ³	2400



8. Двигательные полноповоротные винторулевые колонки типа «Aziprod» ледового класса.
9. Мощная гребная энергетическая установка, обеспечивающая заявленную ледопробитность и работу двух ВРК по 7 МВт.
10. Использование низкосернистого топлива и СПГ в качестве основного, позволяющее выполнить требования по ограничениям выбросов в атмосферу.
11. Нулевой сброс за борт на всем протяжении СМП, требующий оборудования цистерн сбора сточных и хозяйственно-бытовых вод около 500 м³, а также измельченных пищевых продуктов и остатков объемом около 1000 м³. Дополнительно устанавливаются средства, уменьшающие объем мусора, образующегося на борту.
12. Комплект радиоборудования для района А4, обеспечивающего непрерывную связь в полярных широтах.
13. Ледовый радар для сканирования структуры льдов, позволяющий прокладывать оптимальный курс судна в сложных условиях арктических морей.
14. Тепловизионная система, позволяющая обнаруживать белых медведей и людей на льду по курсу движения судна, а также обеспечить увеличенный обзор в условиях полярной ночи.
15. Возможность оборудования площадки и установка дрона ледовой разведки.

На современном этапе Президент России В.В. Путин поставил стратегическую цель – сделать СМП глобальной транспортной артерией в Арктике икратно увеличить ежегодный грузооборот уже к 2024 году до 80 млн тонн.

16. Грузовые краны (2 шт.) арктического исполнения, дополнительно к классически используемым в грузовых операциях грузовым стрелам, с грузоподъемностью 40 тонн, на вылете стрелы 40 метров по программе Северного завоза в портах СМП, не оборудованных терминалами.
17. Обогрев устройств и оборудования на открытых палубах, таких как якорно-швартовные лебедки, краны, контейнеры, стеллажи и гидростаты спасательных плотов, спускоподъемное устройство дежурной шлюпки, двигателей шлюпок и др.
18. Обеспечение всего экипажа арктическими коллективными спасательными комплектами, позволяющими обеспечить обогрев и жизнедеятельность моряка на льду до 5 суток при температуре -45°C в аварийной ситуации.
19. Модульные провизионные кла-

дывые, использующие для охлаждения продуктов забортную воду, обеспечивающие максимально длительное хранение продовольствия экипажа.

20. Системы поддержания микроклимата в помещениях с экипажем, способные обеспечивать комфортные условия при переходах.
21. Применение биodeградируемых масел механизмов судна.

Безусловно, судно будет соответствовать также всем международным конвенциям (стандартам) для плавания во всех водах Мирового океана в соответствии с требованиями ИМО, МОТ, стран США, Австралии и Евросоюза.

Коммерческие опции многоцелевого арктического рефрижератора в данном материале не представлены, они классические, позволяющие перевозить весь спектр рефрижераторных грузов, фруктов, овощей, контейнеров, рефконтейнеров, а также генеральных грузов.



СЕВЕРНЫЙ МОРСКОЙ ПУТЬ - 90 ЛЕТ В СТРОЮ. ПОЗДРАВЛЯЕТ СЕВАСТОПОЛЬ!



Одной из ключевых и знаменательных дат для севастопольцев, наследников и земляков знаменитого полярника Ивана Папанина, равно как и для всех россиян, в уходящем 2022 году является 90-летие Северного морского пути (СМП).



История СМП отсчитывается с 1932 года, когда ледокольному пароходу «Александр Сибирияков» впервые в мире удалось преодолеть СМП за одну навигацию.

Роль Северного морского пути как важнейшего фактора стабилизации российской экономики на данном сложном этапе развития страны не менее важна, чем все более увеличивающееся его значение в обеспечения национальной, геополитической и экономической безопасности России.

В ознаменование 90-летия СМП изданы уже десятки книг, монографий и опубликовано множество информационных материалов, а также проведено немало интереснейших мероприятий.

Представители одного из самых морских исторических городов нашей Родины Севастополя также приняли непосредственное участие в этом чествовании.

Почетный председатель Севастопольского морского со-

брания, кандидат технических наук и морской инженер, проектирующий в настоящее время арктический рефрижераторный флот, Виктор Павлович Кот, разработал и изготовил памятный знак «90 лет СМП», посвященный первому плаванию ледокола-парохода «Александр Сибирияков» и линейку уникальных календарей с информацией о данном историческом событии.

Памятные знаки будут вручены на форуме «АРКТИКА: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ» в Санкт Петербурге (8-9 декабря, КВЦ «ЭКСПОФОРУМ») ветеранам и исследователям Арктики, патриотам развития СМП, а календари будут переданы в учебные заведения города Севастополя с целью привлечения внимания молодежи к юбилейной дате СМП, изучения истории освоения Арктики, СМП, а также с целью быть достойными наследниками и продолжателями дела героя-севастопольца Ивана Папанина.

«Управление рисками, промышленная безопасность, контроль и мониторинг»
НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ СОЮЗ
«РИСКОМ»



НПС «РИСКОМ» ЯВЛЯЕТСЯ ОДНИМ ИЗ
НАИБОЛЕЕ АВТОРИТЕТНЫХ И ОТВЕТСТВЕННЫХ
ИНЖЕНЕРНЫХ СООБЩЕСТВ В ОБЛАСТИ
ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ



КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

НТЦ
НЕФТЕГАЗДИАГНОСТИКА
ГРУППА КОМПАНИЙ



НА ЗЕМЛЕ • ПОД ЗЕМЛЕЙ • ПОД ВОДОЙ

**ВНУТРИТРУБНАЯ
ДИАГНОСТИКА
НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ**

**РЕМОНТ МОРСКИХ
ПОДВОДНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ**

**ПОДВОДНО -
ТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ**

Г. МОСКВА, УЛ. НИЖНЯЯ КРАСНОСЕЛЬСКАЯ, Д.40/12, К.4Б, ОФ.201

ТЕЛ./ФАКС: +7 (495) 781-59-17, ТЕЛЕФОН: +7 (495) 781-59-18

EMAIL: INFO@NTCNGD.COM

[HTTPS://NTCNGD.COM/](https://ntcngd.com/)