



МОРСКАЯ НАУКА И ТЕХНИКА

MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ - СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК №24

ПРИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКЕ МОРСКОЙ КОЛЛЕГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
И ДЕПАРТАМЕНТА СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И МОРСКОЙ ТЕХНИКИ
МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



«БЕЗОПАСНОСТЬ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ И ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ИННОВАЦИОННЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ»

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/)



УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ И АВТОРЫ ЖУРНАЛА «МОРСКАЯ НАУКА И ТЕХНИКА»!

Историческое прошлое человечества, его настоящее и будущее тесно связаны с гидросферой планеты Земля, начиная от истоков жизни и кончая пониманием роли гидросферы в жизнеобеспечении и жизнедеятельности человека, общества, государства и человечества в предстоящие столетия. Чистая вода как источник жизни, биосферы как одна из продовольственных основ её поддержания, шельфовое углеводородное жидкое и газообразное топливо как энергетическая база, минеральное сырьё мирового океана как важный элемент всего сырьевого комплекса составляют существо национальной и международной политики в сфере стратегического планирования будущего. Речной, морской и океанский надводный и подводный транспорт стал и будет важнейшей коммуникационной системой связи в мировой экономике мирного времени. В то же время гидросфера всё в большей степени становится главной зоной военного противостояния государств и военных блоков с применением как традиционных надводного и подводного экипажного флота, так и нового безэкипажного.

Признанием ключевой роли современной морской науки, техники и технологий в развитии комплексных методов исследования и освоения богатств гидросферы и обеспечения и повышения национальной безопасности и защищенности Российской Федерации в 2021 – 2025 гг. стали не только стратегия национальной безопасности, стратегия научно-технологического развития, транспортная стратегия, энергетическая стратегия, но и морская доктрина, а также создание Морской коллегии. Разработка научно-технических программ и планов реализации морской доктрины представляет научно-экспертный совет (НЭС). Важную часть фундаментальных и прикладных исследований, конструкторско-технологических разработок по перспективному направлению безопасности морских подводных трубопроводов и объектов с 2023 г. выполняет соответствующий Межведомственный экспертный совет (МЭС).

В октябре 2025 года состоялось два заседания НЭС (7 октября) и конференция МЭС (22 – 24 октября). На первом под председательством помощника Президента России Н.П. Патрушева и президента НИЦ «Курчатовский институт» М.В. Ковальчука были рассмотрены основы организации и выполнения комплексного проекта развития Арктической зоны и Трансарктического транспортного коридора с учетом требований указанных выше стратегий и доктрины. На конференции МЭС с участием специалистов Морской коллегии, Комитета по обороне и безопасности Совета Федерации, Минпромторга, Морского регистра, Ростехнадзора и Российской академии наук, ведущих госкомпаний и акционерных обществ, Научно-промышленного союза «Риском» проанализированы и сформированы направления развития правовой и нормативно-технической базы – технических средств и подводной робототехники, диагностики, мониторинга состояний с расширением опыта междисциплинарных и межотраслевых разработок в условиях расширения спектра опасностей, угроз и вызовов мирного и немирного времени.

Журнал «Морская наука и техника» будет постоянно знакомить читателей с наиболее важными результатами этих исследований и разработок, ориентированных на достижение нашей страной лидирующих позиций в анализе, обеспечении, регулировании, нормировании, надзоре и повышении защищенности и безопасности морской техники и технологий.

Председатель МЭС
член-корреспондент РАН

 Н.А. Махутов

Издаёт:
«Морское информационное
агентство» при информационном
участии Межведомственного
экспертного совета по безопасности
морских подводных трубопроводов
и объектов, Департамента
судостроительной промышленности
и морской техники Минпромторга
России и Морской коллегии
Российской Федерации.

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
+7 (951) 528-94-78
+7 (903) 759-95-65
morinform@marineorg.ru
www.marine.org.ru
https://expertmore.ru/

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
АНДРЕЙ ПАЩЕНКО
ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
ОЛЕСЯ КАМШУКОВА
ЛИТЕРАТУРНЫЙ РЕДАКТОР
АЛЕКСАНДРА ГУЖОВА
РЕДАКТОР ОТ СЕКРЕТАРИАТА МЭС
ВАЛЕРИЯ БУДРИНА
РЕДАКТОР ПО ДИЗАЙНУ
РОСИТА РУИС

Материалы и иллюстрации:
Евгения Каропова, Виктор Лещенко,
Анатолий Лепихин, Артур Толузаков,
Сергей Авдонкин, Артем Монахов,
Евгений Подольяко, Надежда Кучумова,
Анна Бушинская, Андрей Франц,
Игорь Леонович, Николай Линчик,
Дмитрий Кучеренко, Олег Жулин,
Валерия Троицкая, Денис Воейков,
Константин Уткин, Анна Михеева,
Александр Замятин, Алексей Шепелев,
Оксана Хобзей, Дмитрий Садовник и
другие.

Особая благодарность
за организацию в издании:
Н.А. Махутову, В.В. Лещенко,
И.В. Помылеву, А.М. Лепихину,
В.Ю. Занину, С.А. Тимашеву.

Благодарим за содействие
в издании журнала:
Помылева И.В., Лещенко В.В.,
Нимченко Ю.П., А.С. Тамирова,
Аношина А.Е., Будрину В.И.

Благодарим за предоставление
информации из открытых
источников:
kremlin.ru, marine.org.ru, government.
ru., https://minpromtorg.gov.ru/ria.ru,
mintrans.ru, morflot.ru, iz.ru, seaport.ru,
kchf.ru, shipbuilding.ru, tass.ru, mil.ru.

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

Тираж 1000 экземпляров
Цена договорная

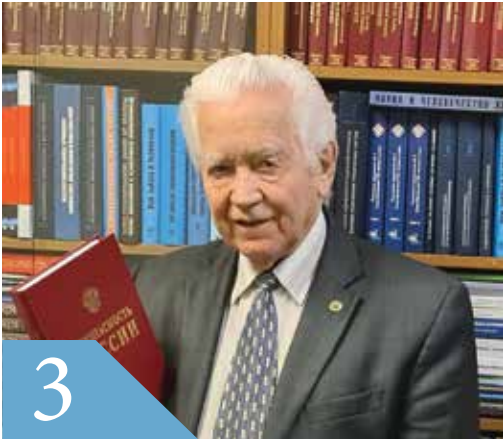
При использовании материалов журнала
обязательно ссылка на источник.
Позиция редакции может не совпадать
с мнением авторов.

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА:



10

3 ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО Н. А. МАХУТОВ – ПРЕДСЕДАТЕЛЬ МЭС,
ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТ РАН



3

МОРСКАЯ КОЛЛЕГИЯ РФ

7 ЗАСЕДАНИЕ МОРСКОЙ КОЛЛЕГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
9 НИКОЛАЙ ПЛАТОНОВИЧ ПАТРУШЕВ ПОСЕТИЛ ОФИС КОМПАНИИ
«СОВКОМФЛОТ» В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ
10 СОВРЕМЕННЫЕ ПОДВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РОССИИ

МЭС

12 ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТ РАН, ГЛАВНЫЙ НАУЧНЫЙ СОТРУДНИК ИМАШ
РАН, ПРЕДСЕДАТЕЛЬ МЭС НИКОЛАЙ МАХУТОВ -ОБОСНОВАНИЕ
БЕЗОПАСНОСТИ И ЗАЩИЩЕННОСТИ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ И ОБЪЕКТОВ
18 ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР «НТЦ «НЕФТЕГАЗДИАГНОСТИКА»,
ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ МЭС ПО МПТ И ОБЪЕКТАМ,
ПРЕДСЕДАТЕЛЬ ПРАВЛЕНИЯ «НПС «РИСКОМ» ВИКТОР ЛЕЩЕНКО -
О СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ
23 ЭКСПЕРТЫ МЭС ПРО ЭФФЕКТИВНУЮ ГОСУДАРСТВЕННУЮ СИСТЕМУ
БЕЗОПАСНОСТИ
26 ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ
32 МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
МОРСКИХ НЕФТЯНЫХ ТЕРМИНАЛОВ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ
«ТЕХНОГЕННОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ»
44 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НОРМАТИВНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ
ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТОВ МОРСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ
49 ОСНОВЫ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ
МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ РОССИИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
55 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ РОССИЙСКОГО
МОРСКОГО РЕГИСТРА СУДОХОДСТВА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ПОДВОДНОЙ
НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ
59 ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОАВТОНОМНЫХ ИНТЕРВЕНЦИОННЫХ АНПА
ГЛАЙДЕРНОГО И РЕЗИДЕНТНОГО ТИПА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
МОНИТОРИНГА И ПАТРУЛИРОВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ
67 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОАКУСТИКИ — СРАВНЕНИЕ
ДОСТИЖЕНИЙ, ТЕНДЕНЦИИ И ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ



26

71 «АКОРД-ТЕХНОЛОДЖИ»: МЕТОД ТОМОГРАФИИ МАГНИТНЫХ
ГРАДИЕНТОВ
75 «МАГЭ»: РАЗВИТИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И СЕЙСМОРАЗВЕДЧНОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА
78 «ГЛОНАСС»: НЕОБИТАЕМЫЕ ПОДВОДНЫЕ АППАРАТЫ КАК
ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ
82 «РИАТОМ»: БЕЗОПАСНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СУДОВЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ
84 «ИНТЭЛ»: ПЕРЕДОВЫЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РАДАРЫ
ДЛЯ ФЛОТА РОССИИ (МЭС)

СУДОСТРОЕНИЕ

86 «НИБИРУ»: НАДЕЖНЫЕ МОРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ
90 ОСК ПРОВЕЛА ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
МАЛОМЕРНЫМ НЕОБИТАЕМЫМ СУДНОМ
93 «НПК МОРСВЯЗЬАВТОМАТИКА»
94 ОСК ПРЕДСТАВИЛА РОССИЙСКИЙ ПОДВОДНЫЙ
МАНИФОЛЬД ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
95 «НПО «КАСКАД»

ИСТОРИЧЕСКАЯ ПАМЯТЬ

96 МАЛОЛЕТНИЕ УЗНИКИ ФАШИЗМА
99 У ИСТОКОВ РОССИЙСКОГО СЛЕДСТВИЯ
103 «МИНОГА»

ИСКУССТВО В МОРЕ

108 НЕБЕСНЫЕ ПОКРОВИТЕЛИ АРМИИ И ФЛОТА

ГОД ЗАЩИТНИКА ОТЕЧЕСТВА

110 ГРИГОРИЙ КУБАТЯН: «Я ЕЩЁ БОЛЬШЕ ПОЛЮБИЛ
НАШИХ ЛЮДЕЙ»
114 ИННОВАЦИОННАЯ РОССИЙСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НА ПОЛЯХ СВО



86

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА:

1. Председатель коллегии - член
корреспондент РАН, профессор,
главный научный сотрудник НИИ МАШ,
председатель комиссии РАН по техно-
генной безопасности
– **Махутов Николай Андреевич.**
2. Заместитель председателя коллегии –
кандидат технических наук, генераль-
ный директор НТЦ «Нефтегаздиагно-
стика», председатель правления союза
«РИСКОМ»
– **Лещенко Виктор Викторович.**
3. Доктор технических наук, техниче-
ский секретарь Межведомственного
экспертного совета по безопасности
МПТ – **Лепихин Анатолий Михайлович.**
4. Профессор, доктор технических
наук, ведущий эксперт МЭС
– **Харченко Юрий Алексеевич.**
5. Доктор технических наук, профессор,
заведующий отделом НИИ МАШ РАН
– **Матвиенко Юрий Григорьевич.**
6. Кандидат технических наук, Почетный
председатель Севастопольского мор-
ского собрания – **Кот Виктор Павлович.**
7. Научный руководитель, главный на-
учный сотрудник. Заслуженный деятель
науки РФ, профессор, д.т.н., лауреат
Нобелевской премии
– **Тимашев СвятославАнатольевич.**
8. Главный редактор журнала
«Морская наука и техника»,
– **Пашенко Андрей Александрович.**





ЗАСЕДАНИЕ НАУЧНО-ЭКСПЕРТНОГО СОВЕТА МОРСКОЙ КОЛЛЕГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Заседание состоялось в Санкт-Петербурге под председательством помощника Президента России Николая Патрушева и президента НИЦ «Курчатовский институт» Михаила Ковальчука.



Открыл заседание Николай Платонович Патрушев:

«Добрый день, уважаемые коллеги!»

Сегодня проводим очередное заседание научно-экспертного совета Морской коллегии.

Прежде чем мы начнем, хочу отметить, активную работу секций научного совета. На предварительное обсуждение выносятся широкий круг вопросов, готовятся рекомендации для дальнейшей работы Морской коллегии и её советов, включая научно-экспертный совет.

В рамках секции «Развитие и обеспечение морской деятельности России» подготовлены рекомендации, касающиеся определения основных направлений исследований отечественного научно-исследовательского флота.

«Специальные глубоководные системы и комплексы» сформировали предложения по созданию глубоководных обитаемых и необитаемых подводных аппаратов для обеспечения Военно-

Морского Флота, и гражданских потребителей. Также определены подходы к анализу научно-технического задела предприятий при создании и обслуживании автономных необитаемых аппаратов.

Специалисты секции по стратегическому развитию Военно-Морского Флота проработали вопросы создания интегрированной системы боевого управления и воздушнезависимых установок для неатомных подводных сил.

Секцией «Судостроение» подготовлены рекомендации по закреплению кадрового потенциала инженерно-технических работников на предприятиях судостроительной промышленности.

В подразделении «Международное научное сотрудничество в области морской деятельности и освоения Мирового океана» были рассмотрены вопросы усиления импортозамещения и создания технологических решений для российского судоходства в условиях санкций.



Считаю целесообразным помимо запланированной тематики проработать на секциях вопросы, которые планируется рассмотреть на заседаниях Морской коллегии и её советов. Среди наиболее важных тем хочу отметить следующие:

- развитие международного научного сотрудничества;
- реализация национальной морской политики на территориях новых субъектов Российской Федерации;
- повышение эффективности охраны внутренних морских вод, территориального моря, исключительной экономической зоны и континентального шельфа России;
- освоение шельфовых и морских месторождений полезных ископаемых в санкционных условиях.

Прошу всех руководителей секций активно включиться в работу по рассмотрению этих вопросов».

Помощник Президента Российской Федерации, председатель Морской коллегии Николай Платонович Патрушев включил в повестку дня актуальный и важный вопрос, связанный с защитой природной среды Арктической зоны России с учётом развития Трансарктического транспортного коридора и промышленного освоения минерально-сырьевых ресурсов Заполярья.

«Нашу страну все чаще критикуют за экологическое состояние арктических территорий, якобы существенно ухудшающееся вследствие активной хозяйственной деятельности. Фактически экологическая проблематика стала для западных стран инструментом для продвижения собственных коммерческих интересов и сдерживания деятельности России в Арктике.

В целях защиты национальных интересов нашей страны в Арктике по поручению Главы государства готовятся новые редакции Основ государственной политики России в Арктике и Стратегии социально-экономического развития Арктической зоны и обеспечения национальной безопасности. Эти документы определяют основные цели развития арктического региона с учётом изменения геополитической и геоэкономической обстановки.

Инструментом реализации поставленных целей будет выступать также готовящийся в настоящее время комплексный проект развития Арктической зоны России и Трансарктического транспортного коридора, который охватит все направления государственной политики России в Арктике, в том числе защиты природной среды и обеспечения экологической безопасности Арктической зоны России.

Одной из ключевых целей политики России в высоких широтах является обеспечение баланса между освоением на качественно новом уровне арктических территорий и сохранением хрупкой арктической экосистемы.



Поэтому комплексный проект по развитию Арктической зоны и Трансарктического транспортного коридора должен на системной основе обобщить разрозненные в настоящее время мероприятия по обеспечению экологического благополучия региона и обеспечить их взаимосвязанную реализацию.

При этом приоритетными должны стать работы по ликвидации объектов накопленного вреда, реабилитации арктических территорий. Особое внимание должно быть уделено вопросам обеспечения экологической безопасности при реализации инфраструктурных и промышленных проектов.

Помимо этого, не менее важно активизировать российские научные исследования, оценивающие влияние хозяйственной деятельности на экологическое состояние арктического региона.

Прошу руководителей секций также подключиться к работе по формированию комплексного проекта и дать предложения по его наполнению».

Президент Курчатовского института Михаил Ковальчук напомнил, что 30 мая Президент Российской Федерации утвердил итоговую редакцию стратегии развития военно-морского флота, где отмечена значительно возросшая роль беспилотных систем. Прежде всего это безэкипажные катера, подводные аппараты, а в перспективе — беспилотные корабли. При этом М. Ковальчук отметил, что использование робототехнических морских комплексов открывает принципиально новые возможности не только для обороны, но и для науки и промышленности:

«С помощью автономных необитаемых подводных аппаратов, которые управляются дистанционно, решается масса задач, таких как георазведка, обеспечение подводных технических работ, океанографические исследования, экологические мониторинги, поиск и обследование подводных объектов».



Отдельное внимание уделено подготовке новых редакций Основ государственной политики России в Арктике и Стратегии социально-экономического развития Арктической зоны и обеспечения национальной безопасности. Отмечено, что эти документы определяют основные цели развития арктического региона с учётом изменения геополитической и геоэкономической обстановки.

Заявлено о начале подготовки комплексного проекта развития Арктической зоны России и Трансарктического транспортного коридора, который охватит все направления государственной политики России в Арктике. Предполагается, что комплексный проект должен на системной основе обобщить разрозненные в настоящее время мероприятия по обеспечению экологического благополучия региона и обеспечить их взаимосвязанную реализацию.

Выработаны мероприятия, направленные на активизацию российских научных исследований, оценивающих влияние хозяйственной деятельности на экологическое состояние арктического региона.



Эксперты Морской коллегии обсудили приоритетные направления для производства беспилотных морских подводных аппаратов, а также меры, способные стимулировать развитие данной сферы. Николай Патрушев указал на необходимость интенсифицировать эту работу:

«Сегодня она ведется преимущественно силами средних и малых компаний. При этом научный задел по ключевым технологическим компонентам морских беспилотников и объём научно-исследовательских и конструкторских работ пока недостаточны».

Также в ходе заседания были предложены меры, направленные на развитие инфраструктуры для эксплуатации безэкипажных морских средств, даны рекомендации для их использования в различных военных и гражданских целях.

Обсуждены вопросы, связанные с защитой природной среды Арктической зоны России с учётом развития Трансарктического транспортного коридора и промышленного освоения минерально-сырьевых ресурсов Заполярья.



НИКОЛАЙ ПЛАТОНОВИЧ ПАТРУШЕВ ПОСЕТИЛ ОФИС КОМПАНИИ «СОВКОМФЛОТ» В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Николай Патрушев посетил офис компании «Совкомфлот» в Санкт-Петербурге. Во время обхода музея «Совкомфлота» глава Морской коллегии задал генеральному директору СКФ Игорю Тонковидову вопрос о сотрудничестве с высшим учебным заведением имени адмирала Макарова.

«Вы сотрудничаете с университетом, оказываете помощь? Я посещал филиал в Петрозаводске. К сожалению, его состояние несколько отстает от современных реалий и требований к организации образовательного процесса», — обратился помощник президента к Игорю Васильевичу.

«Там расположен хороший завод — Онежский, который занимается судостроением и судоремонтом. Это единственный завод в нашей стране, который использует цифровые технологии в строительстве. Он соответствует всем современным требованиям, — продолжил Николай Платонович. Заводу необходимы специалисты. Я попросил продемонстрировать, как готовят средний состав моряков, и увидел, что условия для них оставляют желать лучшего. Если есть возможность, прошу оказать содействие».

Руководство «Совкомфлота» заверило, что проработает этот вопрос.

В рамках посещения офиса «Совкомфлота» глава Морской коллегии ознакомился с деятельностью Центра операционного контроля за работой флота СКФ, эксплуатирующегося в рамках



российских нефтегазовых проектов («Варандей», «Приразломное», «Новый порт», «Ямал СПГ») в Арктике и посетил инженерный центр, где обсудил обновление флота СКФ, проблемы взаимодействия с предприятиями судостроительной промышленности и развитие судоремонта в Арктике.

Николаю Патрушеву представили учебно-тренинговый центр СКФ на российском программном обеспечении и уникальные компетенции и наработки компании в области обеспечения безопасности мореплавания в акватории Севморпути, регулирования судоходства в Арктике и подготовки профессиональных кадров для работы в Арктической зоне.

После этого помощник Президента встретился с капитанами судов СКФ, задействованных в морском транспортном обеспечении промышленных проектов в Арктической зоне.

Николай Платонович обсудил с руководством компании текущую и перспективную деятельность «Совкомфлота». В завершение посещения глава Морской коллегии отметил работу «Совкомфлота» и профессионализм его сотрудников.





СОВРЕМЕННЫЕ ПОДВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РОССИИ

ПОМОЩНИК ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ, ПРЕДСЕДАТЕЛЬ МОРСКОЙ КОЛЛЕГИИ РФ НИКОЛАЙ ПАТРУШЕВ
О РОССИЙСКИХ ПОДВОДНЫХ РОБОТОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСАХ



Николай Платонович, морские подводные трубопроводы это особые, стратегически важные объекты, что и подчеркивается Морской доктриной. Не означает ли это, учитывая международную обстановку, необходимость активизировать разработки инновационных технологий в области подводной робототехники, современных автономных необитаемых подводных аппаратов, и применение их, в том числе, для мониторинга морских трубопроводов?

– Россия по праву является великой морской державой. Большую роль в экономическом развитии страны, увеличении торговых экономических отношений играют морские трубопроводы. Учитывая необходимость обеспечивать их безопасное функционирование, предупреждать техногенные аварии, защищать от возможных диверсий, научно-экспертный совет Морской коллегии выработал дополнительные меры по испо-



Не стоит забывать, согласно морской доктрине, подводные трубопроводы по уровню значимости и потенциальной опасности относятся к стратегически важным объектам экономики. Данной теме следует уделять особое внимание.

льзованию безэкипажных морских систем и морской робототехники с целью наиболее эффективного мониторинга подводных объектов. Активно ведутся технологические разработки подводных аппаратов для океанографических исследований, работы подо льдом. Однако работы по созданию морской робототехники и безэкипажных морских систем осуществляются преимущественно силами средних и малых компаний. При этом научный задел по ключевым высокотехнологичным компонентам морских беспилотных систем не сформирован, объём научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ является пока недостаточным. В этой связи необходимо обеспечить создание multifunctional автономных необитаемых подводных аппаратов различного назначения и модульного типа, оснащенных системами высокоточной навигации с использованием спут-



никового и радио-позиционирования. Кроме того, важно увеличить автономность плавания за счёт создания новых энергетических систем и двигательных комплексов, адаптированных к использованию в морской среде. Не менее важной задачей является совершенствование отечественной элементной базы, являющейся основой систем управления, навигации и контроля обстановки. Помимо этого, необходимо формирование научно-производственного центра компетенций и испытаний для обеспечения полного жизнен-

Необходимо формирование научно-производственного центра компетенций и испытаний для обеспечения полного жизненного цикла морских робототехнических комплексов. Требуется широко развивать и внедрять технологии искусственного интеллекта, позволяющие в автономном режиме обнаруживать, классифицировать и сопровождать подводные объекты.

ного цикла морских робототехнических комплексов. Требуется широко развивать и внедрять технологии искусственного интеллекта, позволяющие в автономном режиме обнаруживать, классифицировать и сопровождать подводные объекты. Не стоит забывать, согласно морской доктрине, подводные трубопроводы по уровню значимости и потенциальной опасности относятся к стратегически важным объектам экономики. Данной теме следует уделять особое внимание.

Редакция МНТ

ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ЗАЩИЩЕННОСТИ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ И ОБЪЕКТОВ

Чл.-корр. РАН **Махутов Н.А.**, главный научный сотрудник ИМАШ РАН

Аннотация

Рассматриваются важность, актуальность и перспективность проблем анализа, изготовления, регулирования, обеспечения и повышения безопасности и защищенности от отказов, аварий и катастроф морских подводных трубопроводов и объектов. Решение этих проблем увязана с требованиями стратегии национальной безопасности, научно-технологического развития и морской доктрины Российской Федерации. Предложены критерии, определяющие выражения и их параметры для количественной оценки безопасности и защищенности с использованием риск-ориентированного подхода. Особое внимание уделено критически и стратегически важным инфраструктурам и объектам, создающим наиболее тяжелые последствия и ущербы. Изложены научно-методические особенности построения комплексных систем защиты и предложений по комплексным государственным мероприятиям научного, организационного и надзорного направлений для условий всего жизненного цикла с приемлемыми рисками.

Ключевые слова: безопасность, защищенность, риск, ущерб, трубопровод, объект, инфраструктура, воздействие, напряжение, деформация, разрушение, отказ, авария, катастрофа.

1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМ

Современная морская наука и техника в значительной степени сосредоточила внимание на принципиально новым и важным проблемам научных исследований и практических разработок в обоснование, обеспечение, регулирование и повышение безопасности и защищенности морских подводных трубопроводов и объектов с применением риск-ориентированного подхода.

Эти проблемы получили своё отражение в стратегии национальной безопасности [1], стратегии научно-технологического развития [2], морской доктрине [3]. Они стали целью деятельности с 2022 года Межведомственного экспертного совета по безопасности морских подводных трубопроводов и объектов – его специальных изданий, научно-практических конференций, а также систематических публикаций в журнале «Морская наука и техника».

Активизация этой проблемы резко возросла после беспрецедентных террористических атак на магистральные газопроводы из России в Германию СП-1, СП-2, проложенных по дну Балтийского моря. Огромный многомиллиардный экономический, политический, энергетический и международный ущерб от подрывов самых современных и протяженных трех ниток показал принципиальную недостаточность всей научной, методической, технологической и надзорной нормативной отечественной и международной базы по проектированию, строительству и эксплуатации стратегически важных морских подводных трубопроводов. В проектах и технологиях строительства были учтены и в основном соблюдены основные традиционные требования по классическим критериям прочности и долговечности, технологичности и эффективности при штатных, проектных условиях функционирования. Но в самые последние годы первой четверти XXI века произошло существенное изменение и перераспределение опасных

повреждающих и поражающих факторов – к традиционным природным и техногенным факторам добавились в возросшей степени антропогенные факторы. В первую очередь это относится к таким, как:

- отсутствие актуализированных теоретических методических подходов к рассмотрению морских подводных трубопроводов и объектов в составе сложной социально-природно-техногенной системы (С-П-Т система) жизнедеятельности;
- недостаточный уровень развития и использования нового риск-ориентированного метода обоснования и обеспечения безопасности и защищенности наиболее ответственных морских подводных трубопроводов и объектов от системы опасностей – отказов, аварий и катастроф;
- отсутствие теории защищенности и научно обоснованных методов и систем защиты от указанных выше опасностей.

Фундаментальные и прикладные исследования и практические разработки всех этих проблем на государственном уровне были начаты в нашей стране в последнем десятилетии XX века в рамках Государственной научно-технической программы «Безопасность населения и народнохозяйственных объектов с учетом риска природных и техногенных катастроф» (ГНТП 1990 – 2001 гг.) силами ведущих организаций и специалистов Академии наук СССР, Государственного комитета СССР по науке и технике, Государственной комиссии по чрезвычайным ситуациям при Совете Министров СССР [4]. В последующие годы по программе фундаментальных академических исследований и федеральным целевым межотраслевым программам в институтах РАН, организациях МЧС России, Минэнерго России, Минпромторга России, Ростехнадзора, Росрегистра был осуществлен большой цикл исследований и разработок как комплексных традиционных задач прочности, ресурса и надежности, так и новых проблем безопасности, защищенности и рисков. Основные результаты указанных меж-

дисциплинарных исследований и межотраслевых разработок по решению 1997 г. Совета Безопасности и Управления делами Президента Российской Федерации в период 1998 – 2025 гг. представлены в 73-томном издании «Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты». [5]. Ниже с их использованием дана характеристика состояния и перспективы развития основ теории и практики безопасности и защищенности морских подводных трубопроводов и объектов.

2. НАУЧНАЯ БАЗА И ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОСТИ И ЗАЩИЩЕННОСТИ

История создания отечественных подводных трубопроводов относится к 1942 г. при его прокладке по дну Ладоги для помощи Ленинграду. Затем началось создание и других подводных, в том числе морских, объектов. Более семи десятилетий это было связано с развитием зон, объемов и методов шельфовой добычи, обработки и транспортировки нефти на Каспийском море, в Мексиканском заливе и у Аравийского полуострова. Но уже первое вторжение человека в водное пространство с инженерными сооружениями обернулось рядом опасностей и угроз – разливами нефти с поврежденных подводных трубопроводов и надводно-подводных резервуаров, сложностью расчетов и методов контроля целостности и ремонта. Уровень этих опасностей увеличился к началу XXI века, когда протяженность подземных газопроводов достигала 1000 км и более, а давление 250÷300 МПа.

Второй крупной сферой освоения морского подводного пространства стало создание и масштабное использование в середине XX века подводных лодок гражданского и военного назначения. Вторая мировая война с дизельными лодками, а в последующем переход на атомные подводные лодки с глубиной погружения до 600 – 1000 м привели к кардинальному росту опасностей и ряду тяжелых катастроф. Как отмечено в [5, 6], к концу XX века на дне мирового океана оказалось около 30 предельно радиационно опасных подводных объектов – атомных бомб, атомных реакторов и затонувших атомных подводных лодок с гибелью экипажа («Трешэр» - США, «Комсомолец» - СССР, «Курск» - Россия).

Со второй половины XX века в нашей стране и за рубежом (Великобритания, Норвегия, США) началась подводная массовая добыча жидких и газообразных углеводородов. Десятки и сотни морских платформ, в т.ч. уникальных массой до 160 тыс. т стали строиться и эксплуатироваться на шельфе в сейсмоактивной и арктических зонах. Взрывы, пожары, разливы нефти, приводившие к гибели до 150 человек и материальному ущербу до 60 млрд. долл. поставили проблему безопасности и защищенности от тяжелых аварий и катастроф на новый уровень.

Особую угрозу морским подводным трубопроводам, сооружениям, межгосударственным и межконтинентальным коммуникационным оп-

товолоконным кабелям в самые последние годы стали представлять несанкционированные, террористические и военные воздействия.

Аналогично изложенному характеризовалась ситуация в других стратегически важных отраслях жизнедеятельности и жизнеобеспечения:

- атомной, тепловой, гидравлической энергетике;
- нефтегазохимии на магистральных трубопроводных системах, хранилищах, транспортных объектах;
- в горнодобывающей промышленности (шахтах, разрезах, тоннелях);
- в строительном комплексе на крупных гражданских объектах и зданиях оборонных предприятий.

Во всех отмеченных сферах ключевое значение приобрели две характеристики на каждом из отрезков времени Δt (от 10 ÷ 50 лет):

- вероятность (частота) возникновения неблагоприятных ситуаций – отказов, аварий и катастроф:

$$P(\tau) = (np(\tau)) / (N_a \cdot \Delta t); \quad (1)$$

- годовой ущерб (объектовый или экономический) на одно неблагоприятное событие:

$$U(\tau) = (U_a(\tau)) / np, \quad (2)$$

где $np(\tau)$ - число возникших неблагоприятных ситуаций в заданной сфере функционирования;

N_a - общее анализируемое число объектов;

$U_a(\tau)$ - общий суммарный ущерб (по всему числу погибших и травмированных людей или числу объектов техносферы, или природной среды).

Параметры $P(\tau)$ и $U(\tau)$ в комбинации количественно определяют риск $R(\tau)$ - главный параметр безопасности и защищенности [5].

$$R(\tau) = FR \{P(\tau) \cdot U(\tau)\} \approx P(\tau) \cdot U(\tau) \quad (3)$$

Функционал FR для больших интервалов времени Δt на основе анализа отказов, аварий и катастроф описывается степенной функцией, а для интервалов $\Delta t = 1$ год по (3) можно использовать перемножение вероятностей $P(\tau)$ и ущербов $U(\tau)$.

На рис. 1 показана обобщенная зависимость « $U - P$ » для широкого круга объектов техносферы

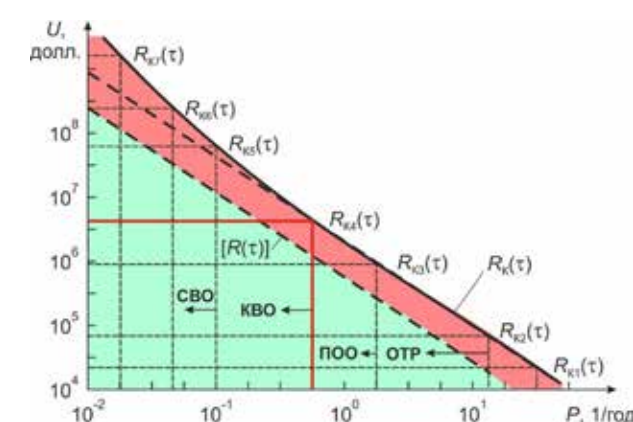


Рис. 1. Предельные и приемлемые риски и состояния объектов

(включая морские подводные). При этом размерность для U – долл. США, для P – 1/год (тогда R по (3) будет иметь размерность долл./год).

Верхняя линия определяет критические значения $R_k(t)$ рисков, ущербов $U_k(t)$ и вероятности $P_k(t)$, относящиеся к отказам, авариям и катастрофам. Если ввести запасы n_R по рискам, как в традиционных требованиях по прочности, ресурсу, живучести, то можно установить приемлемые (допускаемые) риски:

$$[R]=[R(t)]=[R_k(t)]/n_R; R_k(t)=P_k(t) \cdot U_k(t) \quad (4)$$

Величины n_R следует принимать на уровне $2 \leq n_R \leq 5$. По выражению (4) верхняя кривая предельных рисков $R_k(t)$ опускается вниз с учетом величины n_R . Тогда на рис. 1 образуются три расчетные области:

- область безопасных (допускаемых) состояний $R(t) \leq [R(t)]$ - зеленая;
- область опасных состояний $[R(t)] \leq R(t) \leq R_k(t)$ - красная;
- область запредельных состояний $R(t) \geq R_k(t)$.

Задача проектирования, создания и эксплуатации морских трубопроводов и объектов сводится к тому, чтобы удовлетворить условия (4) на всех стадиях жизненного цикла с учетом указанных выше природных, техногенных и антропогенных повреждающих и поражающих факторов. Из этого следует возможность оценки безопасности [4 - 6].

$$S(t)=[R(t)]-R(t) \quad (5)$$

Если выполнены требования по выражению (4), то состояния морских подводных трубопроводов и объектов характеризуются точками в зеленой, допускаемой области по рис. 1 и величина положительна ($S(t) \geq 0$) и наоборот. Требуемая степень безопасности $S(t)$ достигается двумя путями:

- снижением формирующихся рисков $R(t)$;
- принятием решений об увеличении приемлемых рисков $[R(t)]$.

По первому пути можно идти в случае проектного, штатного функционирования морских подводных трубопроводов и объектов, а по второму – при возникновении опасных процессов – санкционного давления, несанкционированных, террористических или военных воздействий. При указанных выше n_R уровень анализируемых показателей безопасности может составлять $(0,2 \div 0,5) R_k(t)$.

Выражения (4), (5) являются основой для расчетного определения защищенности морских подводных трубопроводов и объектов от отказов, аварий и катастроф.

$$Z(t)=1-R(t)/[R(t)] \quad (6)$$

По выражению (6) показатель защищенности $Z(t)$ является безразмерной величиной. Защищенность считается обеспеченной, если $0 \leq Z(t) \leq 1$ и наоборот, что соответствует тем же рискам $R(t)$ - не более $(0,2 \div 0,5) R_k(t)$.

Для указанного выше достижения заданных приемлемых рисков $[R(t)]$ необходимо предусматривать [5, 6] в проектах и программах исследований комплексы научных, методических, организационных, исследовательских, конструкторских, технологических и надзорных мероприятий с обязательными экономическими затратами

$$ZR(t)=1/m_z \{R(t)-[R(t)]\}, \quad (7)$$

где m_z - коэффициент эффективности экономических затрат на снижение рисков до приемлемого уровня.

Как показывает опыт передовых отраслей (атомной энергетики, ракетно-космической и авиационной техники), на практике можно достичь величин m_z в интервале от 3 до 5, а в ряде случаев и выше [5, 6].

Из сопоставления (7) с (5) и (6) следует, что величины рисков $R(t)$, $R_k(t)$ и $[R(t)]$ являются базовыми критерияльными для обоснования и обеспечения безопасности $S(t)$ и защищенности $Z(t)$ морских подводных трубопроводов и объектов. Этим определяется суть риск-ориентированного метода обоснования безопасности с учетом требований [1 - 3] и с использованием научно-методических разработок [5 - 6].

2.1. РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ РИСКОВ, БЕЗОПАСНОСТИ И ЗАЩИЩЕННОСТИ

Основными параметрами рисков $R(t)$, безопасности $S(t)$ и защищенности $Z(t)$ по выражениям (3) и (4) являются вероятности $P(t)$ возникновения неблагоприятных событий и сопутствующие им ущербы $U(t)$. Величины $P(t)$ для морских подводных трубопроводов и объектов могут быть установлены двумя методами:

- анализом возникших отказов, аварий и катастроф по (1) для функционирующих морских подводных трубопроводов и объектов;
- расчетно-экспериментальными процедурами.

Во втором случае необходимо:

- получение статистической расчетно-экспериментальной информации обо всех спектрах эксплуатационных нагрузок $Q_z(t)$ в штатных и нештатных ситуациях

$$Q_z(t)=FQ\{Q_{шз}(t), Q_{ншз}(t)\}; \quad (8)$$

- расчет напряженно-деформированных состояний $\sigma_z(t)$ - $\epsilon_z(t)$ в критических элементах, зонах, сечениях и точках

$$\{\sigma_z(t), \epsilon_z(t)\}=F\{Q_z(t)\}. \quad (9)$$

Получаемые расчетом и экспериментами величины $\sigma_z(t)$ и $\epsilon_z(t)$, как и риски $R(t)$ по (4) не должны превышать допустимых и критических значений

$$\{\sigma_z(t), \epsilon_z(t)\} \leq \{\sigma, \epsilon\} = \{\sigma_k(t)/n_\sigma, \epsilon_k(t)/n_\epsilon\}, \quad (10)$$

где n_σ, n_ϵ - запасы по напряжениям и деформациям соответственно ($n_\sigma \leq n_\epsilon$).

Критические величины $\sigma_k(t)$ и $\epsilon_k(t)$ обычно устанавливаются по экспериментам до разрушения на стандартных лабораторных образцах, моделях и натурных несущих элементах. Для детерминированных расчетов используются средние значения экспериментальных характеристик $\sigma_k(t)$, $\epsilon_k(t)$ для данного времени t или циклов N . Для вероятностных расчетов испытываются серии из n_z образцов (моделей и натурных элементов). По аналогии с (1) получают функции плотности, вероятности $P(t)$ и вероятности $R_k(t)$ при расположении результатов в i -ряд (по мере возрастания или убывания) для $\sigma_k(t)$, $\epsilon_k(t)$ по (10)

$$R_k(t)=(ik-0,5)/n_z \quad (11)$$

По статистическим расчетам из экспериментов с определением штатных и нештатных эксплуатационных воздействий устанавливаются функции плотности вероятности $P(t)$ и вероятностей для $\sigma_z(t)$, $\epsilon_z(t)$ по (8), (9)

$$P_z(t)=(iz-0,5)/n_z \quad (12)$$

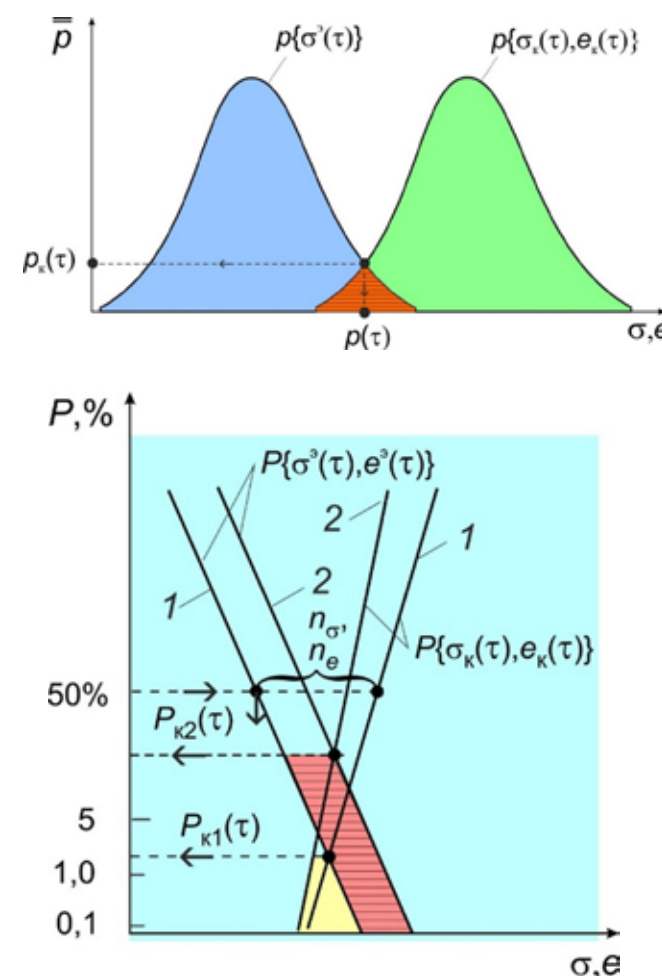


Рис. 2. Функции плотности вероятности $\bar{p}(t)$ и вероятности $P(t)$ для эксплуатационных (z) и критических (k) состояний в штатных (1) и нештатных (2) ситуациях

Этот подход схематически показан на рис. 2.

Вероятности разрушения $R_{k2}(t) > R_{k1}(t)$ сопоставляются с вероятностями $p(t)$ по (1) и принимаются для подготовки заключений о рисках. При этом учитываются такие положения теорий прочности, ресурса, безопасности и защищенности, как:

- отказы вследствие накопления повреждений в штатных ситуациях;
- образование и развитие трещин в аварийных ситуациях;
- полные разрушения в катастрофических ситуациях.

Для каждой из указанных ситуаций оцениваются ущербы и сопоставляются с ущербами $U(t)$ по (2). По полученным значениям $P(t)$ и $U(t)$ на основе (3) определяются и по (4) нормируются риски $R(t), R_k(t), [R(t)]$.

Это является основанием для количественных оценок безопасности $S(t)$ по (5), защищенности по (6) и расходов $ZR(t)$ на их обеспечение по (7).

3. КЛАССИФИКАЦИЯ РИСКОВ, ОБЪЕКТОВ И ОПАСНЫХ СОСТОЯНИЙ

Как следует из рис. 1, для функционирующей и перспективной техносферы с учетом всё нарастающего спектра опасностей, вызовов и угроз наблюдается непрерывное увеличение рисков $R(t)$ и $R_k(t)$ и повышение требований к безопасности $S(t)$ и защищенности $Z(t)$ от отказов, аварий и катастроф. К настоящему времени в нашей стране и за рубежом стало общепринятым и закрепленным в руководящих документах [1 - 3] применение риск-ориентированного подхода [1 - 5]. С учетом этого были предложены определенные системы классификации этих опасностей объектов и различных уровней риска. В рамках развития и научно обоснованных классов опасностей были предложены следующие i -семь ($i = 1, 2, 3, \dots, 7$): 1 – локальные (опасные для деталей и узлов); 2 – объектовые (опасные для объектов в пределах промплощадки); 3 – местные (опасные для муниципальных территорий); 4 – региональные (опасные для территорий региона); 5 – национальные (опасные для государства); 6 – глобальные (опасные для сопредельных государств); 7 – планетарные (опасные для всей планеты). Ущерб $U(t)$ растёт, а вероятности $P(t)$ снижаются при увеличении i (рис. 1), что обуславливает увеличение рисков от $R_{k1}(t)$ до $R_{k7}(t)$.

Такая закономерность изменения рисков R_{ki} позволяет провести категорирование опасности морских подводных трубопроводов и объектов. Основы категорирования представлены в [5 - 6]. В нашей стране выделены 4 категории с учетом федерального законодательства, решения Госсовета и Совета Безопасности Российской Федерации 2003 г, рекомендаций МЧС России, Ростехнадзора, а также Государственных, Парламентских комиссий по расследованию крупных аварий и катастроф. В их число по рис. 1 входят:

- крупносерийные объекты технического регулирования – ОТР (технологические трубопроводы, элементы подводного добычного оборудования) с большим опытом проектирования, изготовления и использования;
- серийные потенциально опасные объекты – ПОО (технологические трубопроводные системы, добычные комплексы, резервуары надводно-подводные, буровые установки);
- мелкосерийные критически важные объекты – КВО (крупные морские платформы и их подводные опоры, протяженные магистральные трубопроводы);
- крупнейшие единичные стратегически важные объекты – СВО (уникальные морские платформы с развитой системой наклонного бурения, уникальные надводные мосты и их надводные опоры, атомные подводные лодки с ядерным оружием).

Указанным объектам соответствуют свои области параметров U, P и $R_{ki}(t)$. В соответствии с [1 - 3] и учетом [5 - 6] важность развития и применения

риск-ориентированного подхода на основе (1) – (12) повышается по цепочке ОТРхПООхСВОхКВО.

4. ПОСТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ

Безопасность $S(t)$ и защищенность $Z(t)$ по критериям рисков приобретают особую актуальность для критически и стратегически важных морских подводных объектов. Это следует из рис. 1, 2, выражений (5), (6) и данных п. 3. Общая методология анализа, исследований, построения, создания и функционирования сложных и дорогостоящих систем защиты от всего спектра повреждающих и

поражающих факторов в С-П-Т системе представлена в [5, 6]. Отсутствие надлежащих защитных систем приводит к многомиллиардным ущербам $U(t)$, что подтверждено тяжелыми катастрофами на крупных морских платформах, атомных подводных лодках, магистральных трубопроводах.

С учетом требований [1 - 3], развитой научно-методической базы и достигнутого уровня теории защищенности современная принципиальная структурная схема её обеспечения представлена на рис. 3. Здесь учтены разработки РАН, МЧС России, Минобороны, Минпромторга, Росатома, Ростехнадзора, Морского регистра, Военмех.



Рис. 3. Типы защиты, диагностики и мониторинга состояния морских подводных трубопроводов

В число рисков защит включены:

- жесткая защита (1) со своими компонентами (включая защиту по принципам «труба в трубе», глубокие закрытые траншеи, укрытые плитами, кожуха для опорных конструкций платформ, мостов);

- функциональная защита (2), основанная на использовании в системах управления функционированием специальной диагностики опасных воздействий и включение автоматизированных защитных устройств (клапанов, задвижек, люков безопасности);

- естественная защита (3), когда при проектировании и строительстве учитываются природные защитные возможности (профиль донных грунтов, подводные течения, система приливов – отливов, цунами);

- охранная защита (4), когда обеспечивается контроль воздушный, надводный и подводный обстановки в зонах залегания подводных трубопроводов и объектов с последующим проведением защитных операций (против беспилотных надводных и подводных катеров и летательных аппаратов, террористов, несплнкционных воздействий соседних морских судов).

Чем сложнее, ответственнее и дороже защищаемый объект (ОТР – ПОО) и выше уровень рисков $R(t)$ и $R_k(t)$, тем важнее становится комбинированная защита с включением всех её компонентов (1 – 4) для рассмотренных выше i -категорий аварий и катастроф ($i=1, 2, 3, \dots, 7$). В такой постановке проблемы повышения защищенности стали край-

не актуальны с началом в 2022 г. специальной военной операции и резким усилением противостояния России военному блоку НАТО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблемы безопасности и защищенности морских подводных трубопроводов и объектов широкого гражданского и оборонного назначения вошли в круг современных и актуальных проблем национальной безопасности [1], научно-технологического развития страны [2] и начала реализации морской доктрины [3]. Указы Президента Российской Федерации, решения Совета Безопасности, Комитетов по обороне и безопасности Федерального Собрания, научно-методические разработки, федеральное законодательство, РАН и ведущих НИИ и КБ отраслей создают основу для перехода к первоочередному обоснованию, обеспечению и повышению безопасности и защищенности морских подводных трубопроводов и объектов. Общую выработку междисциплинарных и межотраслевых методов анализа, нормирования и сопровождения возникших проблем в течение трех последних лет осуществляют соответствующий Межведомственный экспертный совет (МЭС) во взаимодействии с указанными выше государственными структурами.

С 2022 г. МЭС была реализована система мероприятий:

- заседания Комиссии РАН по техногенной безопасности, совещания в Минпромторге, Совете Федерации, Ростехнадзоре, согласований с Морской коллегией;

- научно-технические круглые столы и конференции в информационном центре при Правительстве Российской Федерации, в научно-производственных и конструкторских центрах С-Петербурга, Астрахани, Москвы;

- публикации итоговых документов МЭС в информационных справочных материалах и специальных выпусках журнала «Морская наука и техника».

В подготовке и проведении этих мероприятий активно участвовали А.С. Авдонкин, Д.В. Вавилов, В.Ю. Занин, А.А. Зеленин, А.В. Камшуков, С.Л. Колбин, А.М. Лепихин, В.В. Лещенко, Н.А. Махутов, Н.А. Надеин, Е.М. Морозов, А.А. Пашенко, Е.Г. Пашенко, Е.М. Подолько, И.В. Пomyлев, С.А. Тимашев, Г.И. Шмаль.

Итоговые предложения по их результатам, подлежащие обсуждению и принятию, приведены в [7]. Здесь отмечена настоятельная необходимость, своевременность и перспективность создания эффективной государственной системы безопасности морской нефтегазовой инфраструктуры, способной адекватно реагировать не только на традиционные опасности природно-техногенного характера, но и новые угрозы и вызовы международного, геополитического, санкционного и военного обострения и противостояния. С учетом этих определяющих факторов предложены формирование и реализация основополагающих научных, технических, нормативных и организационных решений по проектированию, строительству, диагностике и мониторингу состояния морской подводной инфраструктуры для всех стадий жизненного цикла.

Для этого необходимы:

- формирование проекта Федерального закона о безопасности морских нефтегазовых объектов;
- определение и назначение Правительством Российской Федерации специализированного уполномоченного федерального органа исполни-

тельной власти;

- регулирование взаимодействия Совета Безопасности, Морской коллегии с научными, промышленными и надзорными органами;

- актуализация проблем безопасности и защиты морских объектов и инфраструктур, имеющих критически и стратегически важное значение для национальной безопасности.

Решение этих проблем и вопросов в ближайшей (до 2030 г.) и отдаленной (до 2050 г.) перспективе в соответствии с [1 - 3] представляется возможным на основе передовых достижений в области фундаментальной науки и приоритетных прикладных разработок в рамках объявленного десятилетия науки и технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации. Утверждена Указом Президента РФ от 2 июля 2021 г. N 400.
2. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Утверждена Указом Президента РФ от 28.02.2024 N 145.
3. Морская доктрина Российской Федерации. Утверждена Указом Президента РФ от 31 июля 2022 г. N 512.
4. ГНТП «Безопасность населения и народнохозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф». Концепция и итоги работы 1991-1992 гг. - Москва: ВИНТИ, 1993.
5. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. - М.: МГОФ «Знание», 1998-2025, тома 1 – 73.
6. Махутов Н.А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки. - Новосибирск, Наука, 2017. – 724 с.
7. Лещенко В.В. Морской нефтегазовой инфраструктуре – эффективную государственную систему безопасности. Морская наука и техника, 2025, №23, стр. 15-17.





МОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ – ЭФФЕКТИВНУЮ ГОСУДАРСТВЕННУЮ СИСТЕМУ БЕЗОПАСНОСТИ

Виктор Викторович Лещенко – генеральный директор ООО «Научно-технический центр «Нефтегаз-диагностика», председатель Правления Научно-промышленного союза «РИСКОМ», Заместитель председателя Межведомственного совета по безопасности морских подводных трубопроводов и объектов.

В условиях роста международной напряженности и геополитического противостояния чрезвычайно важно адекватно реагировать на угрозы и риски для критической инфраструктуры страны. В этой связи обеспечение безопасности морских подводных трубопроводов (МПТ), и в целом морских нефтегазовых объектов (МНГО), как стратегически важных объектов, для экономики приобретает первостепенное значение. В статье обосновывается необходимость признания стратегически важным создание системы государственного надзора, которая будет адекватной имеющимся рискам и построенной по принципам, апробированным в атомной отрасли. Предлагаются технические, организационные и нормативные решения по всему жизненному циклу МПТ: от проектирования и строительства – до организации мониторинга, охраны и вывода из эксплуатации. Показана целесообразность сделать контроль за трубопроводами идентичным уровню надзора за атомными станциями.

Морские подводные трубопроводы являются ключевыми элементами морской нефтегазовой инфраструктуры. По данным Минэнерго РФ, в 2024 году через морские магистрали было транспортировано более 180 млрд м³ природного

газа и 65 млн т нефти, что составляет более 40 % экспортных поставок углеводородов.

Большинство морских нефтегазовых объектов (МНГО), включая морские платформы, подводные добычные комплексы, шлангокабели, морские



подводные трубопроводы (МПТ) и другие объекты морской нефтегазовой инфраструктуры, располагаются в акваториях с активным судоходством или в арктических регионах со специфическими и суровыми природными условиями. К тому же большая часть этих объектов располагается в нейтральных водах, где крайне затруднительно и затратно организовать их полноценный мониторинг, а тем более охрану. С учетом тяжёлых последствий аварий на морских нефтегазовых объектах, особенно на МПТ, это специфические и потенциально чрезвычайно опасные производственные объекты. При этом, с учетом их значимости для экономики страны эти объекты совершенно обоснованно признаны стратегически важными объектами, что закреплено в положениях Морской доктрины России и других базовых документах.

Соответственно, надзор за обеспечением их безопасности требует значительно большей ответственности и внимания, чем за другими опасными производственными объектами технического регулирования.

Как уже неоднократно отмечалось, в силу ряда причин в Российской Федерации на сегодня отсутствует полноценная суверенная нормативно-техническая база обеспечения строительства и безопасной эксплуатации морских подводных трубопроводов, в полной мере отвечающая современным условиям. Федеральный Закон 184-ФЗ «О техническом регулировании» допускает использование при разработке определяющих нормативных документов как отечественных, так и зарубежных норм. При этом сами требования нормативных документов, включая ГОСТы, носят рекомендательный характер.

Имеющиеся ГОСТы и стандарты по морским трубопроводам, в том числе разрабатываемые по программе импортозамещения, зачастую являются прямым переводом иностранных нормативов (DNV, API, ASME) и содержат многочисленные ссылки на иностранные технические документы и отсылки к зарубежным технологиям, доступ к которым в условиях санкционного давления на ближайшее время закрыт.

Дополнительно элемент хаоса вносит тот факт, что жизненный цикл МНГО одновременно попадает под регулирование сразу нескольких разноплановых федеральных законов: «О континентальном шельфе Российской Федерации» №187-ФЗ от



30.11.1995г., «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» №116-ФЗ от 21.06.1997г., «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» №384-ФЗ от 30.12.2009г., и даже «Градостроительный кодекс Российской Федерации» (ст. 1) №190-ФЗ от 29.12.2004г.

При этом ни один из этих документов не рассматривает МНГО и подводную морскую инфраструктуру как объекты критической важности с особыми требованиями к обеспечению их безопасности и как следствие — не оценивается их защищенность по критериям рисков природных и техногенных аварий, рисков умышленных террористических воздействий.

И в дополнение к этому, в соответствии с № 101-ФЗ от 15.07.1995г. «О международных договорах» в РФ установлено приоритетное применение международных обязательств (договоров, соглашений, регламентов — ЕАЭС, СНГ), т.е. имеется реальная угроза неконтролируемого внедрения разнородных зарубежных стандартов и технологий, не соответствующих конкретным условиям.

Все эти обстоятельства создают реальные предпосылки критической уязвимости морских подводных сооружений в процессе проектирования, строительства и эксплуатации, особенно при аварийных ситуациях и несанкционированных воздействиях. И совершенно очевидно, что обеспечение безопасности настолько важных стратегических объектов требует соответствующей, соразмерной их важности жёсткой системы государственного надзора.

С учетом этих обстоятельств, создание отечественной системы нормативного и нормативно-технического обеспечения по всему жизненному циклу МНГО, отражающего передовые технические решения, соответствующего российской специфике, и, в том числе, актуальным современным угрозам, безусловно, представляется важнейшей, приоритетной задачей.

Одной из важнейших задач, ставшей особо актуальной в последнее время, является парирование антропогенных угроз, противодействие диверсиям и террористическим актам, что требует выработки единого межведомственного подхода, основанного на принципах комплексной защищенности от актуальных угроз, усилия всех заинтересованных ведомств.

Одним из фундаментов создаваемой нормативной системы должна стать комплексная концепция защиты критически важной морской нефтегазовой инфраструктуры — документ, определяющий единую государственную политику в заданной сфере, призванный консолидировать усилия науки, экспертного сообщества, операторов МНГО и надзорных органов, задав согласованную стратегию и конкретные механизмы обеспечения безопасности морских нефтегазовых объектов на долгосрочную перспективу.

Разумеется, базовые документы создаваемой системы, в том числе стандарты, должны иметь статус технических регламентов обязательного исполнения и обладать приоритетом перед иностранными.

В настоящее время работы в этом направлении ведутся, межведомственным экспертным советом по безопасности морских подводных трубопроводов и объектов совместно с РМРС, который имеет богатый опыт в классификации и надзора за МНГО, так и самими нефтяными компаниями.

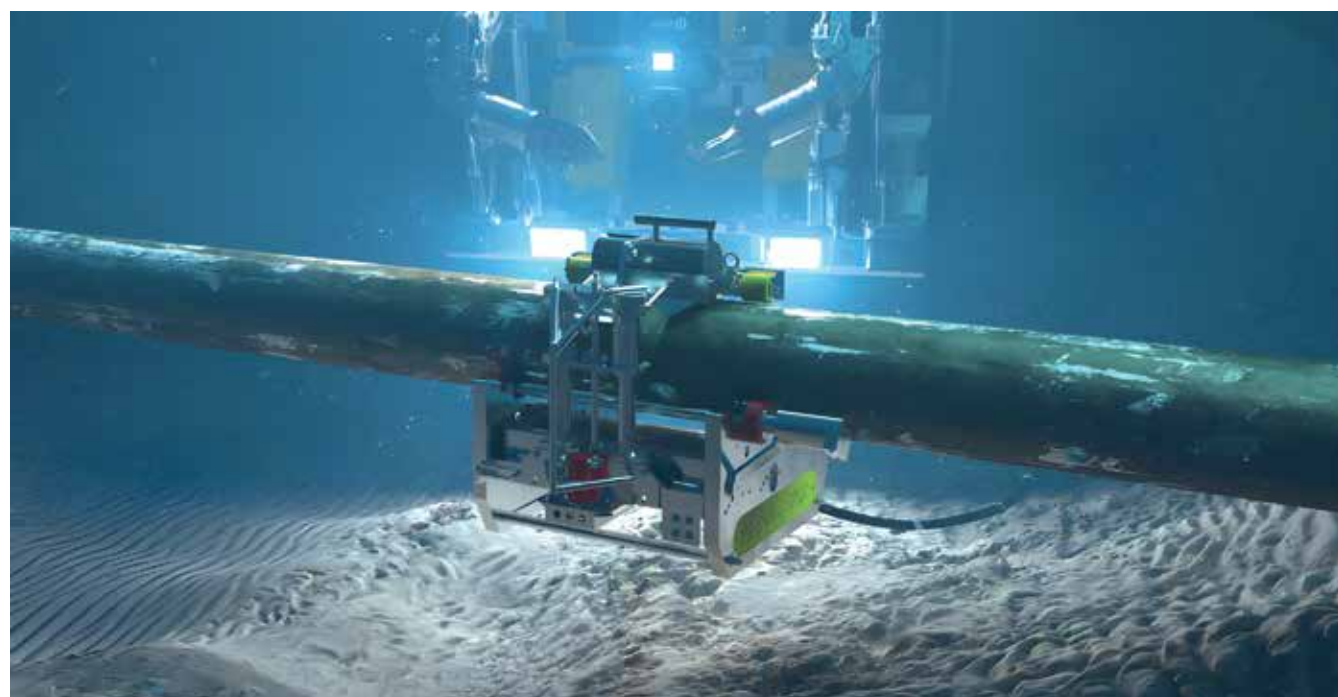
Не менее важным представляется выстраивание гармоничной системы государственного регулирования отрасли.

В настоящее время разработка концепции управления безопасностью МНГО входит в финальную стадию. После достаточно продолжительной паузы представлен к обсуждению проект федерального закона «О МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТАХ И ВНЕСЕНИИ ИЗМЕНЕНИЙ В ОТДЕЛЬНЫЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ АКТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ», где МНГО однозначно выделены в отдельный класс объектов. Эти объекты выводятся из-под действий «Технического регламента о безопасности зданий и сооружений», «Градостроительного кодекса Российской Федерации», а также закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», вносятся соответствующие изменения и в другие ФЗ.



В данном проекте предусмотрено, что Правительство Российской Федерации определяет уполномоченный федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения безопасности морских нефтегазовых объектов.

Учитывая как в России, вполне успешно осуществляется контроль и надзор за объектами атомной энергетики, ничуть не менее опасными и стратегически важными, видится вполне разумным определить таким уполномоченным органом Ростехнадзор, вменив ему в обязанности осуществлять надзор за безопасностью МНГО. По примеру организации надзора за атомными объектами, с учетом стратегической важности и специфики МНГО необходимо создать в структуре Ростехнадзора отдельное управление по надзору за опасными морскими нефтегазовыми объектами в течение всего их жизненного цикла.



МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ
ПО БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ И ОБЪЕКТОВ

ПРЕДЛОЖЕНИЯ МЭС

Ростехнадзор — осуществляет функции надзора (контроля) в области обеспечения безопасности МНГО, реализует государственную политику и нормативно-правовое регулирование отрасли.

Разрабатывают ФНиПы и осуществляет контроль за их исполнением.

РМРС — осуществляет техническое наблюдение за проектированием, строительством, эксплуатацией, техперевооружением, ремонтами и консервацией МНГО.

Участует в разработке нормативно-технических документов и ФНиП.

Осуществляет непосредственное техническое наблюдение на МНГО и предоставляет сведения о результатах проверок Ростехнадзору.

Структуры подчиняющиеся Правительству непосредственно осуществляет реализацию положений ФЗ о МНГО. Осуществляют наблюдение и контроль за деятельностью предприятий эксплуатирующих МНГО.

Совет безопасности РФ оценивает эффективность всей системы обеспечения безопасности МНГО.

Осуществляет контроль взаимодействия ведомств: Ростехнадзор, РМРС, МинПромТорг, МинЭнерго, Минтранс, МЭС...

Морская Коллегия России, обеспечивает реализацию Морской Доктрины России в части безопасности МНГО, таких как создание современных технических средств мониторинга МНГО и противодействия действующим угрозам, автономных и телеуправляемых подводных аппаратов, систем противодействия.

Структуры подчиняющиеся непосредственно Президенту, наблюдают и контролируют деятельность Ростехнадзора в этой отрасли, при необходимости подготавливают предложения Президенту РФ для её корректировки.

В таком случае общая схема системы обеспечения безопасности МНГО может выглядеть следующим образом:

Ростехнадзор осуществляет функции надзора (контроля) в области обеспечения безопасности МНГО, вырабатывает и реализует государственную политику и нормативно-правовое регулирование в установленной сфере.

РМРС, наработавший богатый практический опыт наблюдения за проектированием, строительством, штатной эксплуатацией, техперевооружением, ремонтами и консервацией морских объектов, подготовивший большой объем нормативных документов, а также имеющий достаточный штат инспекторов, должен стать рабочим органом, осуществляющим непосредственный контроль (техническое наблюдение) на объектах, и предоставлять сведения Ростехнадзору о результатах проверок как минимум на первоначальном этапе выстраивания полноценной системы управления безопасностью МНГО.

Совет Безопасности Российской Федерации и Морская коллегия Российской Федерации, как структуры подчиняющиеся непосредственно Президенту, наблюдают и контролируют деятельность Ростехнадзора в этом направлении, формируют обоснованное мнение и в случае необ-

ходимости подготавливают предложения Президенту РФ для её корректировки.

При этом Совет безопасности РФ утверждает комплексную **концепцию защиты критически важной морской нефтегазовой инфраструктуры**, оценивает деятельность Ростехнадзора в части обеспечения безопасности критически важных объектов, эффективность всей системы обеспечения безопасности МНГО, осуществляет общую координацию и контроль взаимодействия ведомств, задействованных в процессе обеспечения безопасности МНГО: Ростехнадзор, РМРС, МинПромТорг, МинЭнерго, Минтранс, МЭС.

Морская Коллегия России, взаимодействуя с разработчиками и производителями специальной морской техники, в первую очередь обеспечивает условия реализации положений Морской Доктрины России в части безопасности МНГО, таких как создание современных технических средств мониторинга МНГО и противодействия действующим угрозам, в том числе антропогенным (диверсии и терроризм), автономных и телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов, систем противодействия и многого другого.

МЭС межведомственный экспертный орган, который осуществляет комплексную научную, научно-методическую и экспертную поддержку ведомс-



твам и организациям, разрабатывает научно-методологическую базу обеспечения безопасности МНГО. Разрабатывает модели угроз МНГО, проекты нормативно-методических и нормативно-технических документов, а также подготавливает предложения для создания комплексной концепции защиты критически важной морской нефтегазовой инфраструктуры, координацию научных исследований, способствует взаимодействию различных ведомств по данному направлению, формирует направления научно-технического развития.

Предлагаемая структура организации обеспечения безопасности МНГО позволяет, на наш взгляд, создать логичную, достаточно гармоничную, бесконфликтную систему органов, позволяющую, с одной стороны, использовать опыт и существенные наработки Ростехнадзора и РМРС,

четко разграничив их функционал и убрав основания для конфликтов в их взаимодействии. С другой стороны, отпадает необходимость придумывать и создавать очередное специальное уполномоченное агентство или ведомство (ФОИВ). При этом обеспечивается системность межведомственного взаимодействия и серьезное научно-методическое, и научно-техническое обеспечение.

В заключение необходимо сказать, что данная статья является в большой степени дискуссионной и ни в коей мере не претендует на истину в последней инстанции. Тем не менее, изложенные соображения наверняка послужат основой для выработки согласованной позиции и созданию, в конечном итоге, передовой, высокоэффективной национальной системы обеспечения безопасности МНГО.



ЭКСПЕРТЫ МЭС ПРО ЭФФЕКТИВНУЮ ГОСУДАРСТВЕННУЮ СИСТЕМУ БЕЗОПАСНОСТИ



АВДОНКИН АНДРЕЙ СЕРГЕЕВИЧ

заместитель начальника отдела. Отдел технического наблюдения за морскими нефтегазовыми сооружениями, Российский морской регистр судоходства.

В своей статье В.В. Лещенко, анализируя сложившееся состояние нормативно-правовой базы РФ, относящейся к объектам обустройств морских нефтегазовых месторождений и обеспечивающей по сути их безопасность, рассматривает первоочередные задачи по оптимизации государственного подхода к обеспечению безопасности морских нефтегазовых сооружений и вывода надзора за ними на новый уровень. Эти предложения соответствуют решениям, принятым на Научно-практической конференции «Морская наука и техника. Безопасность морских подводных трубопроводов и объектов», которая состоялась 23 – 25 октября 2024 г. Более того, автор предлагает еще и несколько дополнительных шагов, которые могут ускорить достижение целей, поставленных Межведомственным экспертным советом по безопасности морских подводных трубопроводов и объектов (МЭС) на указанной конференции. В частности, предлагается ускорить доработку и принятие ФЗ «О морских нефтегазовых объектах и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Не останавливаясь на основных положениях проекта этого ФЗ, следует подчеркнуть следующее: в статье абсолютно справедливо делается вывод о том, что даже после вступления ФЗ в силу следует добиваться от будущего надзорного органа и классификационного общества прежде всего системности межведомственного взаимодействия, серьезного научно-методического и научно-технического обеспечения. Предлагается один их механизмов этого взаимодействия, а именно участие МЭС, который осуществляет комплексную научную, научно-методическую и экспертную поддержку ведомствам и организациям, разрабатывает научно-методологическую базу обеспечения безопасности.



БАВИЛОВ ДМИТРИЙ ВИКТОРОВИЧ

главный инженер АО «ЦНИИ «Курс»

В своей статье В.В. Лещенко показывает систему нормативно- законодательных требований к системе безопасности морских нефтегазовых объектов (МНГО).

Реализация общегосударственной концепции защиты критически важной нефтегазовой инфраструктуры требует разработки концепции защиты для каждого объекта.

Основную угрозу в настоящий момент представляют беспилотные воздушные, подводные и надводные аппараты (далее БПА).

Комплексная система защиты от БПА должна включать пассивные и активные средства: оптикоэлектронные, радиолокационные и акустические средства обнаружения, гидроакустические средства, средства радиоэлектронной борьбы, средства перехвата, систему управления освещением обстановки с обеспечением интеграции с системами безопасности других коммерческих организаций, интеграции с системами ПВО МО, ВМФ, ФСБ и другими.

Межведомственный экспертный совет по безопасности морских подводных трубопроводов и объектов может выступить как разработчик концепции защиты для каждого объекта МНГО с учетом требований законодательства и текущих угроз.

В дальнейшем на основе концепции для каждого объекта разрабатывается проект комплексной защиты объекта, обеспечивается реализация проекта и эксплуатация системы.

Таким образом создание и эксплуатация эффективной системы защиты МНГО от БПА требует координированной работы от государственных органов исполнительной власти и владельцев морских нефтегазовых объектов, и Межведомственный экспертный совет по безопасности МПТ и объектов предоставляет научно-методическую поддержку ведомствам и организациям.

**ПОДОЛЯКО ЕВГЕНИЙ МИХАЙЛОВИЧ**

начальник отдела ПАО «Газпром», к.т.н., член МЭС.

Безусловно, Виктор Викторович затронул в своей статье очень актуальную проблематику. Принимая во внимание текущие геополитические изменения и сокращение доступа к зарубежным технологиям выполнения подводно-технических работ на рынке Российской Федерации, совершенствование безопасности морских трубопроводов и объектов требуется именно сейчас.

Государственная систематизация деятельности в обозначенной сфере требуется прежде всего по причине использования техники и технологий двойного назначения, необходимых для формирования и эффективного поддержания комплексной безопасности всех подводных объектов и коммуникаций, имеющих стратегическое значение.

Представленный в статье пример организации базовой части структуры, с моей точки зрения, не может быть реализован и нуждается в доработке. В последнем абзаце статьи автор с этим согласен. Я надеюсь, что все читатели дочитали статью до конца.

В настоящее время, полагаю, что основой для формирования корректной, работоспособной структуры, должны стать систематизированные данные:

1. О необходимых объемах методах и периодичности контроля / патрулирования подводных объектов;
2. О наработанном практическом опыте и планах российских нефтегазовых компаний, реализующих морские добычные и транспортные проекты, в том числе опыте ПАО "Газпром" и его профильных дочерних и аффилированных организаций.
3. О потенциальных источниках финансирования и возможных организационных схемах проекта, имеющих государственную поддержку. Данный аспект особенно актуален для нефтегазовых компаний, так как увеличение затрат на повышение уровня безопасности, не предусмотренное экономикой проектов, в текущей ситуации затруднительно.

Также, мы видим необходимость проведения нескольких крупных опытно-конструкторских работ для создания высокотехнологичных подводных роботизированных объектов, серийный выпуск и использование которых позволит достигнуть поставленных целей. Цели эти долгосрочные, государственные. Поэтому только в совместной работе с государственной поддержкой может быть пройден этот путь. И тесное взаимодействие с Советом Безопасности Российской Федерации и Морской коллегией Российской Федерации в этом направлении просто необходимо.

Развитие профильной нормативной базы безусловно нуждается в систематизации для её планомерного совершенствования, учитывая интересы всех заинтересованных ведомств и организаций.

На данном этапе, считаю, что Межведомственный экспертный совет по безопасности морских подводных трубопроводов и объектов, имеет все возможности стать базовой площадкой для проработки и формирования предложений по структуре обеспечения комплексной безопасности подводных линейных и точечных объектов, имеющих важное и стратегическое значение.

Данный отзыв является частным профессиональным мнением и не является официальной позицией работодателя автора.



**«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**



ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ



А.М. Лепихин, д.т.н., НТЦ «Нефтегаздиагностика», г. Москва, главный научный сотрудник Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий, г. Новосибирск

Безопасность морских нефтегазовых объектов (МНГО) на континентальном шельфе является одним из ключевых приоритетов Морской доктрины Российской Федерации. Различные аспекты обеспечения безопасности МНГО активно обсуждаются как на государственном, так и на отраслевом уровнях. Проводится постоянное совершенствование нормативно-правовой и технической базы обеспечения безопасности. За короткое время, в основном благодаря компаниям «Газпром» и «ЛУКОЙЛ», на основе мирового опыта были созданы отечественные технологии и стандарты обеспечения безопасности МНГО с учетом особенностей континентального шельфа России. Большую роль в обеспечении безопасности МНГО играют Ростехнадзор и Российский морской регистр судоходства. Особое внимание этой проблеме уделяет Межведомственный экспертный совет (МЭС) по безопасности морских подводных трубопроводов и объектов. Основной акцент деятельности МЭС направлен на разработку стратегии обеспечения безопасности МНГО и формирование современных концепций нормативно-правовой и технической базы [1-3].

За последние годы во многих промышленно развитых странах произошли заметные изменения в законодательствах о безопасности и защищенности опасных технических объектов. Господствующий предписывающий подход, определяющий конкретные методы и процедуры обеспечения безопасности, постепенно заменяется функциональным подходом, задающим цели безопасности и желаемые результаты, в то время как методы достижения этих результатов формируются на уровне отдельных компаний. Эти изменения затрагивают и МНГО. В настоящее время предписывающий подход в отношении безопасности МНГО доминирует в законодательстве США, Англии, Мексики, Бразилии и России. Согласно этому подходу, безопасность обеспечивается за счет соблюдения требований законов, предписывающих правил и инспекций. В Норвегии и ЕС предпочтение отдается функциональному подходу, основанному на рисках, как целевых показателях. При этом на нижнем, корпоративном, уровне вводится принудительное саморегулирование и внутренний контроль обеспечения безопасности.

В Российской Федерации система обеспечения безопасности МНГО находится в стадии формирования. В настоящее время проходит согласование проект Закона «О морских нефтегазовых объектах и внесении изменений в отдельные законодатель-

ные акты Российской Федерации». Принимая это во внимание, рассмотрим некоторые особенности обеспечения безопасности МНГО на российском шельфе, с учетом зарубежного опыта.

Исходя из значимости МНГО для нефтегазовой отрасли и энергетики России, эти объекты следует рассматривать как стратегически важные объекты. Однако даже в этом классе объектов МНГО имеют существенную специфику. Сфера их безопасности охватывает подводную, надводную и воздушную области (рис. 1). Поэтому для обеспечения безопасности МНГО необходимо учитывать угрозы, возникающие в каждой из этих областей и обеспечивать защищенность от этих угроз.

Современное положение с обеспечением безопасности МНГО характеризуется следующими обстоятельствами:

- МНГО рассматриваются как опасные производственные объекты, с требованиями безопасности, регулируемые Федеральными законами №116-ФЗ, №184-ФЗ, №384-ФЗ и промышленными нормами безопасности;
- контроль безопасности осуществляется периодическим техническим диагностированием конструкций и локальными системами мониторинга технического состояния;
- нормативная база проектирования, эксплуа-

тации и обеспечения безопасности преимущественно основана на прямом заимствовании положений зарубежных стандартов.

Согласно Федеральному закону №101-ФЗ от 15.07.1995 г. «О международных договорах» в РФ установлено приоритетное применение международных обязательств (договоров, соглашений, регламентов ЕАЭС и СНГ), что создает угрозы неконтролируемого внедрения разнородных зарубежных стандартов и технологий, не соответствующих конкретным условиям шельфа РФ.

Указанные обстоятельства сдерживают развитие отечественных технологий и техники освоения месторождений на шельфе. Сложившиеся к настоящему времени экономические и политические

обстоятельства требуют новых подходов. В первую очередь нужна современная законодательная и нормативная база. При этом необходимы правовые стандарты, определяющие конкретную практику законодательного регулирования безопасности МНГО и применения законов в меняющихся социально-экономических условиях, при том, что содержание законов может оставаться неизменным. Также необходимы современные технические стандарты, охватывающие всю сферу безопасности МНГО и учитывающие весь комплекс возможных угроз. Требуется ускоренное развитие систем ведомственного и корпоративного внутреннего контроля, основанных на отечественных технических стандартах. Крайне необходима дополнительная настройка регулятивной системы и системы ли-

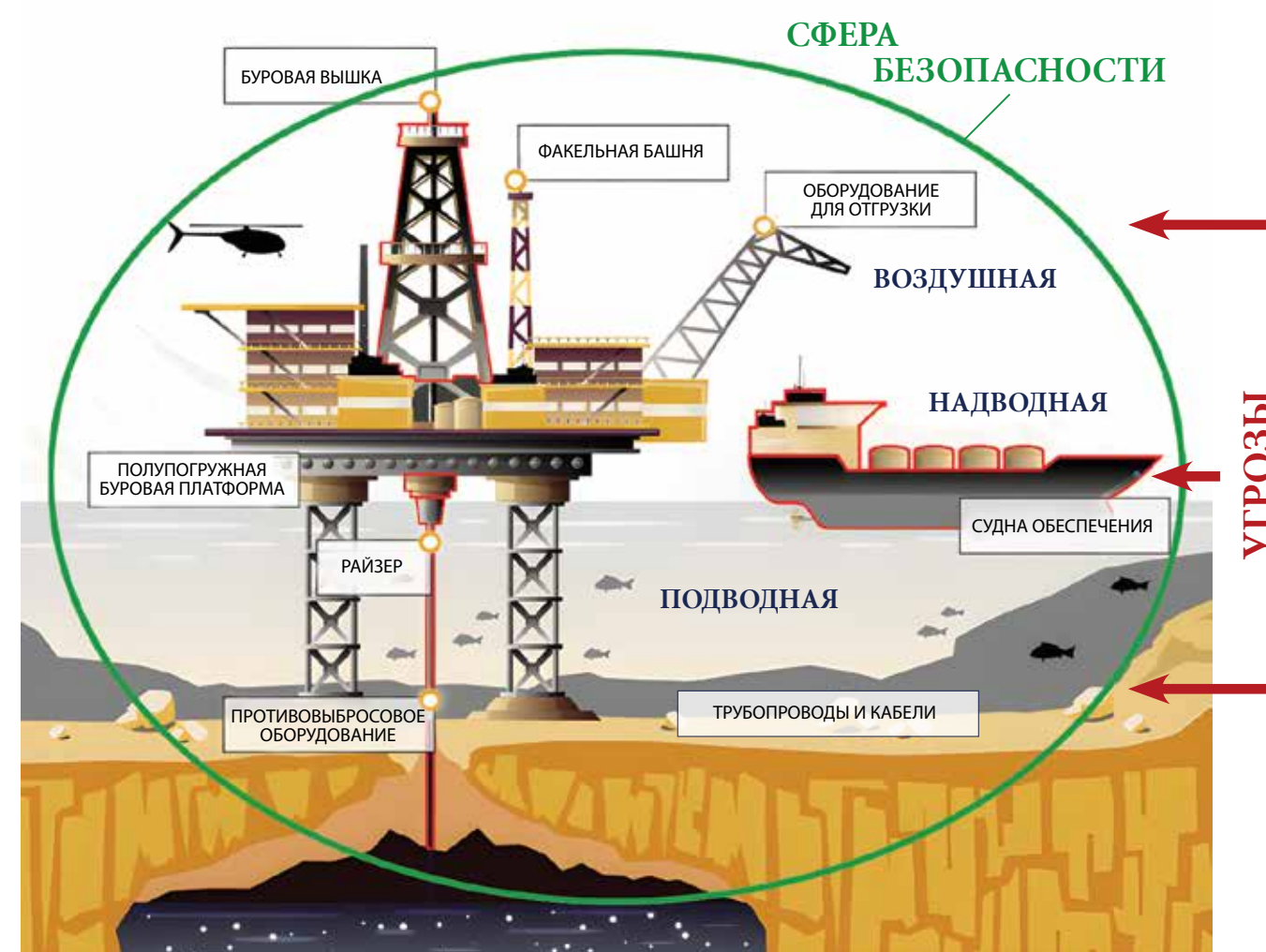


Рисунок 1 – Сфера безопасности морских нефтегазовых объектов

цензирования, с определением границ и условий сочетания предписывающего и функционального подходов к регулированию безопасности.

Одной из особенностей МНГО является высокая конструкционная, производственно-технологическая, организационная и логистическая слож-

ность. Неуклонно возрастает интерактивная сложность, поскольку МНГО являются частью больших нефтегазовых комплексов России. Следствием этой сложности является увеличение числа неопределенностей и непредвиденных результатов функционирования МНГО, которые могут породить непредвиденные последствия. Существенным

фактором является ускорение технологического прогресса и сокращение времени создания новых нефтегазодобывающих объектов на шельфе, при одновременном сокращении возможностей их всеобъемлющего испытания и тестирования для понимания возможных рисков. В силу указанных обстоятельств, надводная и подводная инфраструктура на шельфе становится все более уязвимой. Существующие механизмы реагирования на угрозы устарели. Существующие методы защиты ориентированы в основном на устранение ошибок, повреждений, халатности и просчетов. Нормативно-правовая децентрализация привела к раздробленности систем организационно-технических мероприятий обеспечения безопасности МНГО, защиты от аварий и локализации последствий аварий.

Современные тренды обеспечения безопасности МНГО заключаются в широком использовании информационно-коммуникационных технологий, стационарных и автономных систем контроля и мониторинга технического состояния и обслуживания. Основой построения таких систем являются модели угроз и риска. Эти модели характеризуют уязвимость МНГО к различным факторам внешней среды, а также техногенным и антропогенным факторам. Разработка моделей угроз и риска представляет собой нетривиальные многоуровневые задачи, которые должны охватывать весь жизненный цикл МНГО. Укрупненная схема жизненного цикла МНГО, рассмотренная в работе [4], представлена на рисунке 2.

В рассматриваемом контексте модели угроз и рисков должны охватывать всю сферу безопасно-

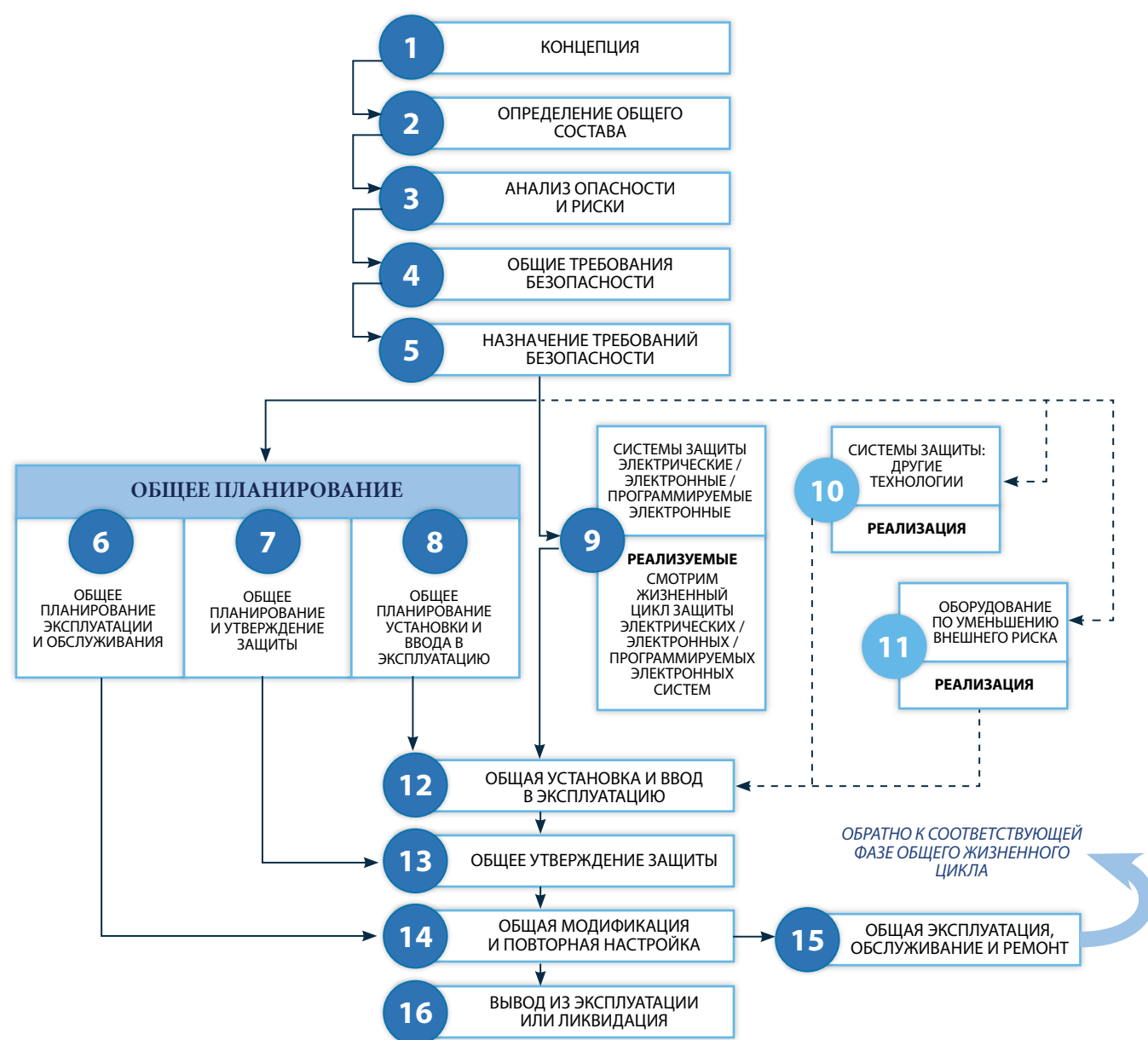


Рисунок 2 – Схема жизненного цикла морских нефтегазовых объектов [5].

сти, включая подводную, надводную и воздушную компоненты. При этом, помимо внутренних, конструктивно-технологических опасностей, необходимо рассматривать взаимодействие «система – среда», где риски связаны с угрозами, исходящими из внешней среды, и взаимодействие «система – человек», где риски связаны как со случайными угрозами от случайных неумышленных ошибочных действий, так и с целенаправленными злонамеренными угрозами.

Модель угроз $H(t)$ для МНГО задается изменяющимися во времени t структурой $\Sigma(t)$, природными $Q_E(t)$, техногенными $Q_T(t)$ и антропогенными $Q_H(t)$ воздействиями:

$$H(t) = \{\Sigma(t), Q_E(t), Q_T(t), Q_H(t)\} \quad (1)$$

При этом каждый вид угроз требует систематизации и конкретизации по времени (этапу жизненного цикла), месту и интенсивности проявления. Существенное внимание должно уделяться корреляционным связям угроз, возможностям их одновременного появления.

Модель риска задается вероятностными характеристиками угроз $H(t)$ и их предельно допустимых уровней $H_c(t)$, а так же рисками $U(t)$ от реализации угроз. При наличии такой информации риск $R(t)$ можно определить как вероятность P возникновения ущерба $U(t)$ при превышении допустимого уровня угроз $H_c(t)$:

$$R(t) = P\{U(t), H(t) \geq H_c(t)\} \quad (2)$$

Следует подчеркнуть, что для МНГО риск (2) не ограничивается оценками ущерба от аварий. Риск может и должен учитывать ущербы от санкций, конъюнктуры рынка и других ограничений международного характера.

Указанные модели должны обеспечивать возможность оценки и обоснования: функциональной безопасности S_f ; конструкционной безопасности S_k ; экологической безопасности S_z . В качестве основных мер безопасности должны рассматриваться риски: нарушения функционирования R_f ; повреждения или разрушения конструкции R_k ; загрязнения окружающей среды R_z . Если задать допустимые уровни рисков $[R_f]$, $[R_k]$, $[R_z]$, то безопасность МНГО можно представить в виде системы ограничений:

$$S = \begin{cases} S_f: R_f \leq [R_f] \\ S_k: R_k \leq [R_k] \\ S_z: R_z \leq [R_z] \end{cases} \quad (3)$$

Построение моделей (1) и (2) является базовым условием для обоснования и обеспечения безопасности МНГО. Только при их наличии возможна разработка эффективных систем противодействия угрозам и смягчения рисков. В настоящее время комплексные модели угроз и рисков для МНГО, с учетом природно-климатических особенностей шельфовых районов России, экономических и политических факторов, не разработаны. В то же время нефтегазодобывающие компании предпринимают попытки создания моделей угроз и рисков в рамках систем корпоративного управления.

Одним из важнейших направлений обеспече-

ния безопасности МНГО является ускоренное развитие методов управления технологической целостностью комплекса добычи углеводородов и управления структурной целостностью инженерных сооружений [5]. Внедрение новых технологий контроля и мониторинга технического состояния МНГО в современных условиях требует междисциплинарного подхода, объединяющего достижения различных областей науки и техники. С учетом специфики сферы безопасности МНГО система управления технологической и конструкционной целостностью должна включать:

- системы безопасности технических объектов;
- беспилотные летательные аппараты (БПЛА);
- специализированные суда;
- безэкипажные надводные катера (БЭК);
- подводные аппараты (ТНПА и АНПА);
- донные базовые станции (узлы связи, обслуживания и зарядки подводных аппаратов) – в перспективе;
- буи наблюдения.

По каждой компоненте технологической и конструкционной безопасности должен быть выделен набор параметров $a = \{a_i\}$, $i = 1, n$, подлежащих контролю и мониторингу указанными системами. По условиям безопасности (уровням допустимых рисков) должны быть заданы предельные значения параметров $a = \{a_{ci}\}$, $i = 1, n$, при достижении которых должен включаться специальный алгоритм действий систем контроля и мониторинга.

Особо следует обратить внимание на выявление аномальных состояний по комплексу диагностируемых параметров. Аномалии связаны с обнаружением новизны и/или ранее не наблюдавшихся закономерностей в комплексе значений параметров. Аномалии во многих случаях не соответствуют стандартным моделям. Обнаружение аномалий на множестве разнородных данных в реальном времени под силу только методам обучаемых нейронных сетей. В связи с чем созданию и адаптации таких методов непосредственно для МНГО следует уделять особое внимание. Эти методы должны реализовываться в виде автономных интеллектуальных систем (АИС) с широким функционалом [6, 7]. В этот функционал должны входить: мониторинг технического состояния МНГО, мониторинг окружающей воздушной, надводной и подводной обстановки, возможность противодействия любым видам и средствам нанесения повреждений МНГО. Мониторинг должен проводиться в режиме реального времени и охватывать пространства угроз, рисков, контролируемых параметров и аномалий параметров (рис. 3). Автономность систем должна изменяться по требованию. Должен быть настраиваемый уровень абстракции и обучения нейронных сетей. Должна обеспечиваться высокая помехозащищенность и устойчивость к сбоям.

Использование критериев рисков в автономных интеллектуальных системах безопасности обусловлено тем, что каждая отдельная система контроля и мониторинга «говорит» конкретно о своем процессе. Риски «говорят» о характере все-

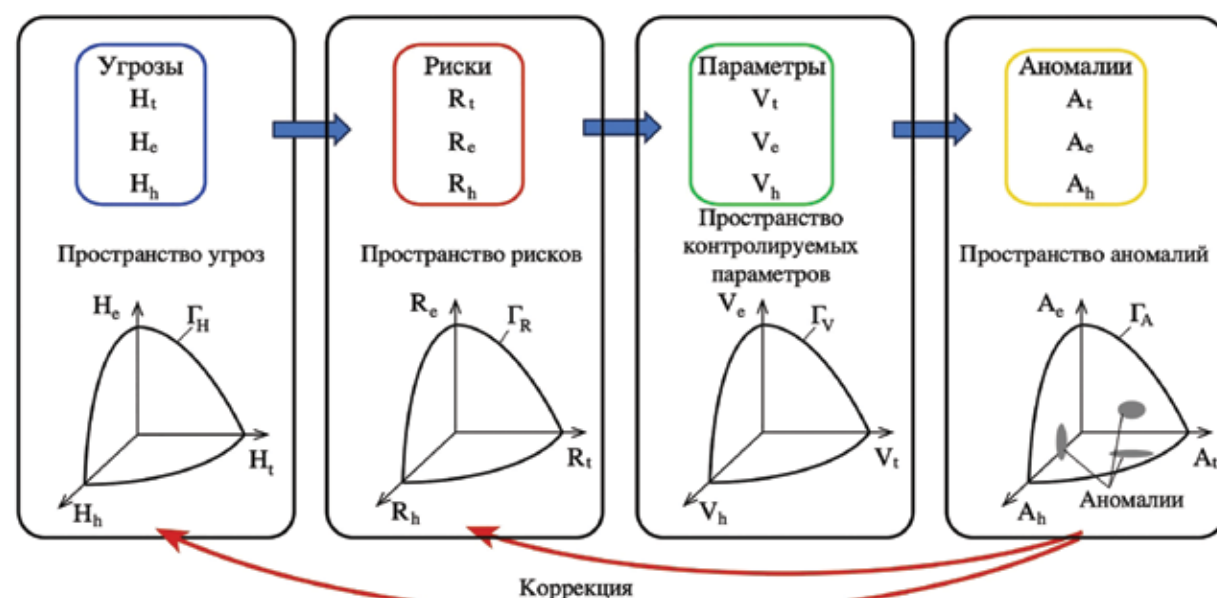


Рисунок 3 – Схема управления безопасностью с использованием АИС

го комплекса воздействий и состояния всех процессов. Отмеченные выше модели угроз и рисков должны задавать номенклатуру контролируемых параметров. На этой основе АИС должны проводить выявление аномалий и идентификацию складывающейся обстановки и состояний МНГО. Идентифицируемые состояния должны анализироваться в пространствах рисков. При превышении допустимых рисков АИС должны вырабатывать решения и действия по локализации или парированию возникших угроз. Здесь следует отметить, что в условиях ограниченности информации и динамики обстановки практически невозможно получить точные оценки риска. Поэтому необходимо рассматривать интервальные оценки риска на множестве условий и формировать алгоритмы принятия решений на таких оценках. Эти оценки рационально представлять в виде соответствующих матриц рисков.

Использование автономных интеллектуальных систем позволит действовать проактивно, принимать превентивные меры и меры реагирования на аварийные ситуации. При этом нужно найти решения для устранения существующих пробелов в создании интерактивных интеллектуальных систем, таких как:

- интеграция контролируемых параметров в методы обучаемых нейронных сетей;
- объединение данных разных источников и разнотипной физической природы;
- отсеивание контролируемых, но «мусорных», с точки зрения анализа рисков, данных;
- выявление, идентификация и классификация аномалий на малых объемах выборок;
- интеграция обучаемых нейронных сетей в методы анализа риска.

С учетом указанного выше, представляется целесообразной разработка автономных интеллектуальных систем четырех уровней:

Уровень 1 – система способна предупреждать оператора о возникших опасностях и о приближении объекта к пределам проектных возможностей;

Уровень 2 – система способна принимать самостоятельные решения в рамках заданных алгоритмов на основе данных от всех каналов и устройств, способна непрерывно оценивать риски и формировать корректирующие мероприятия;

Уровень 3 – система способна непрерывно принимать сложные решения, оценивать исторические данные, сравнивать их с текущими наблюдениями, оценивать риски и предлагать варианты их снижения;

Уровень 4 – система способна на основе анализа данных проводить высокоуровневое планирование своих действий, разрабатывать и реализовывать оптимальные стратегии управления рисками.

Создание таких систем позволит обеспечить современную эшелонированную безопасность МНГО от природных, техногенных и антропогенных угроз.

Особое внимание следует уделить защищенности от новой актуальной категории угроз в виде антропогенных умышленных действий – террористических и военных атак на МНГО. Исторически террористические акты совершали люди – оперативник-диверсант, группа диверсантов, диверсанты-подводники. Во время военных действий удары наносили морские корабли и подводные лодки. Современными ударными средствами являются беспилотные летательные аппараты

(БПЛА), безэкипажные катера (БЭК) и автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА). Привлекательность МНГО для террористических атак определяется следующими факторами:

- важностью объектов для экономики страны;
- политической значимостью;
- высоким масштабом ущерба;
- высокой уязвимостью;
- низкой защищенностью;

Существующая зона безопасности МНГО в пределах 500 м определена сухопутными требованиями и не учитывает морских угроз. При современных средствах подводного, надводного и воздушного поражения эта зона может преодолеваться в течение 40-60 сек (атака АНПА), 20 сек (атака БЭК) и 10 сек (атака БПЛА).

Следует отметить, что каждая террористическая атака является уникальной, тщательно спланированной и организованной операцией, в силу чего их статистический анализ практически невозможен. В настоящее время вероятность обнаружения террористической атаки не превышает 10-2. В качестве примера можно привести атаки на объекты нефтегазового комплекса России с использованием БПЛА, средняя интенсивность которых в условиях СВО составляет 5 событий в месяц. Опасность атак БПЛА, БЭК и АНПА на МНГО заключается в том, что каждый отдельный эпизод может не иметь тяжелых последствий. Однако кратковременный поток таких ударов может на длительное время вывести объект из строя, при ущербах, сопоставимых со стоимостью строительства новых объектов.

В заключении следует отметить, что МНГО работают в сложных условиях и сталкиваются со сложными угрозами и рисками, которые могут привести к катастрофическим последствиям при отсутствии надлежащего управления. Традиционные системы безопасности, несмотря на свою эффективность, часто полагаются на меры реагирования, а не на упреждающие стратегии снижения рисков. Эти системы должны дополняться автономными интеллектуальными системами контроля, мониторинга и принятия решений, охватывающими воздушную, надводную и подводную компоненты сферы безопасности. АИС должны фокусироваться на мониторинге ключевых экс-

плуатационных параметров в режиме реального времени, аналитике данных и алгоритмах машинного обучения для прогнозирования потенциальных опасностей до того, как они перерастут в критические ситуации. На основе синтеза технологий цифровых двойников и систем обработки данных в реальном времени АИС должны прогнозировать отказы оборудования, выявлять отклонения в рабочих условиях, проводить предиктивное прогнозирование, оптимизировать стратегии реагирования на угрозы и риски, тем самым минимизируя время простоя МНГО и предотвращая дорогостоящие аварии.

ЛИТЕРАТУРА:

Лепихин А.М., Махутов Н.А., Лещенко В.В., Шмаль Г.И. Проблемы безопасности морских подводных трубопроводов // Морская наука и техника, 2022, №5, С.32 – 37.

Шмаль Г.И. Первоочередные безотлагательные задачи создания норм проектирования и эксплуатации морских подводных трубопроводов России // Морская наука и техника, 2024, №12, С.16 – 20.

Махутов Н.А. Обеспечение безопасности морских нефтегазодобывающих платформ и морских нефтегазопроводов // Морская наука и техника, 2024, №12, С.21 – 27.

Богатырева Е.В. Требования по безопасному проектированию морских платформ для арктических условий // Нефтегазовое дело, 2024, <http://www.ogbus.ru>.

Пузько А.В., Кривцов Э.Р., Бурматов А.С., Куропаткин Г.Ю. Технологические вызовы и новые подходы в управлении безопасностью производственных объектов, в состав которых входят подводные добычные комплексы // Газовая промышленность, 2024, №1(863), с. 10-13.

Ucar A., Karakose M., Kırımca N. Artificial Intelligence for Predictive Maintenance Applications: Key Components, Trustworthiness, and Future Trends // Appl. Sci. 2024, 14, 898.

Aderamo A.T., Olisakwe H.C., Adebayo Y. A., Esiri A.E. AI-enabled predictive safeguards for offshore oil facilities: Enhancing safety and operational efficiency // Comprehensive Research and Reviews in Engineering and Technology, 2024, 02(01), 023–043.



МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ НЕФТЯНЫХ ТЕРМИНАЛОВ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ «ТЕХНОГЕННОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ»

Горбань Н.Н.¹, Васильев Г.Г.², Леонович И.А.², Сальников А.П.²

1. АО «Каспийский трубопроводный консорциум», e-mail: press@cpspipe.ru

2. РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, e-mail: srgnr@gubkin.ru

Аннотация:

В статье рассматривается проблематика обеспечения надежной и безаварийной эксплуатации морских терминалов в Российской Федерации. Показано, что для таких объектов характерно уникальное сочетание двух факторов, с одной стороны чрезвычайно малой вероятности аварийных ситуаций, а с другой стороны значительный размер ущерба, который может возникнуть после реализации аварийной ситуации. На основе ретроспективных исследований различных систем управления техническим состоянием, реализуемых при эксплуатации особо опасных производств показано, что наиболее перспективной для морских терминалов нефти является система, построенная на методологии техногенной защищенности, предложенной в работах Махутова Н.А. В работе показано, что применяемые сегодня на практике методики риск-ориентированного подхода, методы основанные на вероятностных оценках интенсивности отказов и остаточного ресурса, а также практики нормирования коэффициентов запасов при расчетах по предельным состояниям обладают определенным несовершенством, которое не позволяет гарантировать безаварийную работу морского терминала. Предложен алгоритм формализации, создания и реализации концепции техногенной защищенности морских нефтяных терминалов на основе методологии оценки накопленной дефектности. Установлены основные элементы системы, которая позволит реализовать данный алгоритм.

Ключевые слова: Морской нефтяной терминал, надежность, безопасность, техногенная защищенность, накопленная дефектность.

ВВЕДЕНИЕ

В России построен и модернизирован ряд морских нефтеналивных терминалов, способных принимать и обрабатывать суда дедвейтом до 150 тыс. т. География новых морских нефтеналивных терминалов охватывает все морские акватории России, а их развитие является приоритетной задачей нефтяной отрасли России в Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года.

Современные комплексы нефтяных терминалов становятся все более сложными с точки зрения применяемого оборудования и технологического оснащения. Под термином «морской нефтеналивной терминал» принято понимать весь комплекс технологических объектов, обеспечивающих перевалку нефти в танкеры и как правило включающих: подводные трубопроводы и/или железнодорожные сливные эстакады, резервуары хранения, узлы учета нефти, соединительные технологические трубопроводы, причальные сооружения (береговые причалы, пирсы, выносные приемные устройства), подводные трубопроводы для соединения береговых сооружений с вынос-

ными причальными устройствами, системы налива танкеров, стоянка для вспомогательных судов, вспомогательные здания и сооружения, системы диспетчерского управления и сбора данных, системы связи, сопутствующие сооружения, предназначенные для обслуживания оборудования и судов, нахождения персонала.

Морские терминалы, как объекты транспортной инфраструктуры, обладают уникальным сочетанием с одной стороны, наличия высокого потенциального ущерба от аварии и чрезвычайно низкого уровня аварийности с другой стороны.

В мировой практике аварии на объектах морских терминалов происходят сравнительно редко. В 1975 году в городе Сантус, Бразилия на морском терминале Sao Sebastiao произошла авария с танкером Tarik Ibn Ziyad с утечкой нефти от 10 до 20 тысяч тонн [1]. Это крупнейшая, на сегодняшний день, авария, произошедшая на морском терминале. В 1994 году на этом же терминале произошла еще одна утечка нефти уже из разрушившегося участка подводного нефтепровода в размере 2 700 тонн [2]. Менее крупные аварии на терминалах происходили:

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ НЕФТЯНЫХ ТЕРМИНАЛОВ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ «ТЕХНОГЕННОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ»

- в 1990 году на Star Enterprise Terminal в городе Фэрфакс, Виргиния, США произошла утечка оценочно порядка 900 тонн нефти [3];
- в 2019 году авария на военном морском терминале Guarello Island в Чили с утечкой 35 тонн нефти [4];
- в 2024 году в Сингапуре на Pasir Panjang Terminal произошла утечка в 400 тонн [5];
- в 2025 году в Малайзии на терминале Langsat Terminal произошла утечка не установленного объема [6].

При эксплуатации морских нефтеналивных терминалов возможный ущерб от аварии в пер-

вую очередь связан с опасностью воздействия на морскую и прибрежную биоту и существенной стоимостью ликвидации последствия аварии и восстановления биосферы, а также с максимальным уровнем штрафных санкций, накладываемых государством на организацию, эксплуатирующую морской терминал.

МЕТОДОЛОГИЯ

В работе [7] предложена классификация объектов по классам опасности, которая существенно расширяет принятую в Российской Федерации систему разделения опасных производственных объектов.

№	Объекты	Класс опасности	Риски, руб.
1	СВО	Стратегический	$>10^{10}$
2	КВО	Критический	$>10^9$
3	ОПО	I класс	$>10^8$
4		II класс	$>10^7$
5		III класс	$>10^6$
		IV класс	$>10^5$
	ОТР	Объектовый	$>10^4$

Таблица 1 – Классификация объектов по классам опасности по [8]

Согласно этому подходу, морской терминал по перевалке нефти по потенциальному уровню ущерба однозначно классифицируется как объект стратегического класса опасности. Группой авторов в рамках исследований [9;10] показано, что для объектов, относящихся к классам критиче-

ской и стратегической опасности, наиболее предпочтительным из всех вариантов (рисунок 2) является подход построения системы безопасности на основе концепции защищенности от техногенных катастроф.

№	Система управления безопасностью	Годы становления	Ключевые показатели
1	По предельным состояниям	1950-1970	$\sigma; [\sigma]$
2	По ресурсу и вероятности безотказной работы	1970-1990	$T_{ocm}; P_t$
3	Риск-ориентированный подход	2000-2020	$R_t; [R]$
4	Защищенность от техногенных катастроф	2020-2050	Z_t

Таблица 2 – Последовательное развитие систем управления безопасностью опасных промышленных объектов [11]

В работе [11] показано, что первый уровень обоснования безопасности основан на использовании в проектных расчетах нормативно установленных коэффициентов запаса (надежности) по материалам, нагрузкам, надежности и ответственности конструкций. Этот уровень оценки без-

опасности обязателен всегда и для любых типов конструкций нефтегазовых сооружений. Условие обеспечения безопасности на этом уровне расчетов определяется выполнением ограничений следующих видов:

по допускаемым напряжениям

$$\sigma \leq [\sigma] = \min \left(\frac{\sigma_B; \sigma_T}{n_B; n_T} \right) \quad (1)$$

по разрушающим нагрузкам

$$\Sigma F \leq \Sigma [T] = \min \left(\frac{\Sigma F_i}{\Sigma n_i} \right) \quad (3)$$

по предельным состояниям

$$f \leq [f_{ult}] \quad (2)$$

где:

$\sigma; [\sigma]$ – расчетное и предельно допустимое значение напряжения в самом нагруженном сечении конструкции;

$\sigma_B; \sigma_T$ – пределы прочности и текучести материала конструкции;

$n_B; n_T$ – интегральные коэффициенты надежности по пределу прочности и текучести для конструкции;

$\Sigma F; \Sigma [F]$ – расчетное и предельно допустимое значение наихудшего сочетания нагрузок, действующих на конструкцию;

F_i – i -ая действующая нагрузка;

n_i – коэффициент запаса для i -ой действующей нагрузки;

$f; [f_{ult}]$ – допустимый и предельный уровень деформации (прогиб, перемещение, глубина трещины и т.д.) конструкции.

Применение первого уровня обоснования безопасности до сих пор является основным инструментом при проектировании конструкций и оборудования нефтегазового комплекса. Уровень безопасности на данном этапе устанавливается

за счет применения коэффициентов надежности, которые и обеспечивают выполнение указанных выше ограничений в ситуации неопределенности прочностных характеристик материалов и уровня нагружения конструкций. В работе [12] авторами рассмотрена сложившаяся на сегодняшний день ситуация с коэффициентами надежности для различных объектов морских терминалов. Фундаментальным ограничением в применении методологии первого уровня является невозможность постоянного повышения коэффициента надежности. Практика показывает, что повышение коэффициентов надежности на этапе проектирования не оказывает значимого влияния на уровень надежности и безопасности конструкций, но существенно повышает их металлоемкость и стоимость капитальных затрат. На примере двух различных резервуаров одинакового функционального назначения и конструкции в работе [12] показано, что, например, увеличение толщины стенки конструкции за счет более высоких значений коэффициентов надежности начиная с некоторого уровня не ведет к повышению эксплуатационной надежности. Так, например, резервуарные конструкции морского терминала АО «КТК-Р» первой и второй очереди отличаются проектной толщиной стенки (таблица 3). Естественно, что напряжения в стенке второй очереди меньше (рисунок 1), чем напряжения в стенке первой очереди. Однако, как для первой, так и второй очереди фактические значения напряжений находятся в пределах допустимого как по ГОСТ 31385-2023¹, так и по API 6502. На рисунке 2 показано характерное распределение эквивалентных срединных напряжений по Мизесу в стенке резервуара, заполненного нефтью до верхнего уровня налива. Характерно также, что статистика отказов конструкций магистральных нефтепроводов практически не содержит случаев отказов по причине недостаточной проектной прочности.

№ пояса	РВСПК первой очереди, мм	РВСПК второй очереди, мм	Повышение толщины стенки второй очереди, %
1	32,0	40,0	25%
2	26,2	34,0	30%
3	20,4	28,0	37%
4	16,0	22,0	38%
5	14,5	22,0	52%
6	12,5	16,0	28%

Таблица 3 – Сравнительный анализ толщин стенки резервуаров РВСПК 100 000 разных очередей АО «КТК-Р»

¹ГОСТ 31385-2023 «Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия».

²API Standard 650, Welded Tanks for Oil Storage, Thirteenth Edition



Рисунок 1 – Сравнение напряжений в стенке РВСПК 100 000 разных очередей постройки морского терминала АО «КТК-Р»

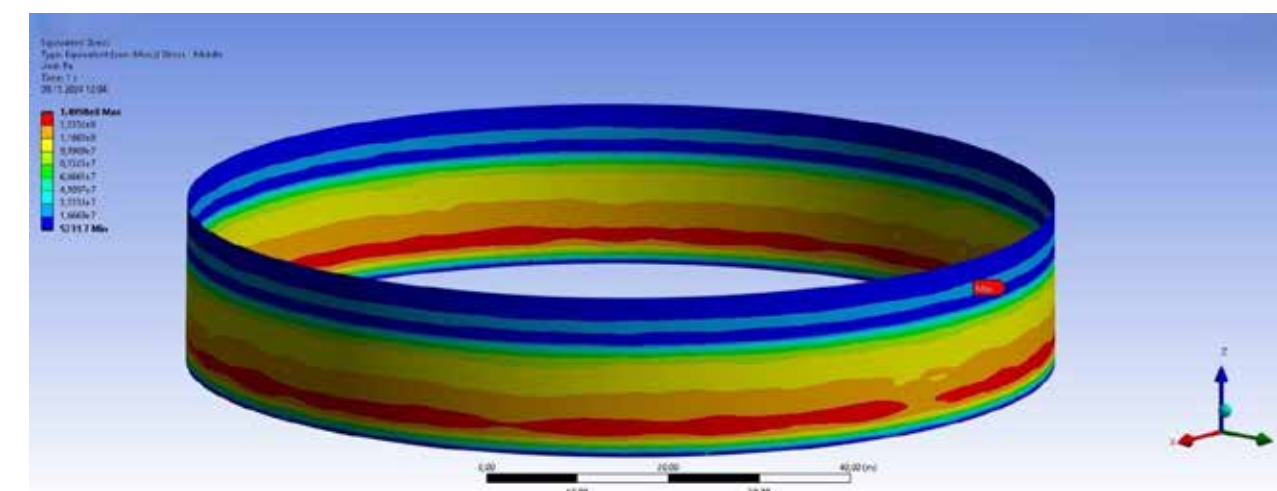


Рисунок 2 – Фактическое распределение эквивалентных срединных напряжения по Мизесу в стенке резервуара

Второй уровень основан на расчетах надежности с определением либо безопасного остаточного ресурса $T_{ост}$, либо вероятностей безотказной работы P_t . Как правило, эти расчеты проводятся в рамках поверочных расчетов для наиболее ответственных объектов, эксплуатирующихся в условиях высоких уровней нагрузок и воздействий, или при необходимости продления проектных сроков эксплуатации объекта. Условие обеспечения безопасности формулируются в виде ограничений по ресурсу и вероятности безотказной работы:

$$T \leq [T_{р.н.}]; T_{ост} > 0; P_t \geq [P] \quad (4)$$

где:

T – срок службы конструкции;

$T_{р.н.}$ – назначенный ресурс конструкции;

$T_{ост}$ – расчетный остаточный срок службы конструкции;

P_t – вероятность безотказной работы конструкции;

P – допустимый уровень отказов для конструкции.

Реализация такого подхода в расчетах надежности наиболее эффективна при наличии статистических данных по интенсивности отказов на объектах однородных по конструктивным решениям, технологическим режимам и условиям эксплуатации. Такой подход был реализован при построении концепции обеспечения целостности трубопроводов, например в СТО Газпром 2-2.3-253-2009³. Для газопровода предложено про-

³ СТО Газпром 2-2.3-253-2009 «Методика оценки технического состояния и целостности газопроводов»

диль расчета вероятности безотказной работы локально выделенного i -го участка (P_i) по формуле:

$$P_i = \exp[-\Delta L_i t \sum_{j=1}^{N_f} \mu_{ij} H_{ij}(\Phi_j)(1-S_{ij})] \quad (5)$$

где:

t - временной параметр, равный продолжительности эксплуатации;

μ_{ij} - интенсивность реализации рассматриваемых событий (в данном случае - интенсивность возникновения дефектов) на фоне реализации состояния класса Φ_j на i -м участке газопровода;

H_{ij} - вероятность реализации из совокупности возможных состояний именно Φ_j -го состояния объекта;

S_{ij} - условная (парциальная) вероятность возникновения отказа системы при условии реализации события (возникновения дефекта) на фоне состояния системы, принадлежащего классу Φ_j ;

N_f - количество классов состояний Φ_j .

Для морских нефтяных терминалов отсутствует достоверная статистика их аварийности, и соответственно невозможно построить статистически репрезентативную выборку и получить адекватные вероятностные оценки отказов конструкций и элементов оборудования. В то же время это не свидетельствует об отсутствии вероятности возникновения аварии как таковой, лишь о том, что авария является чрезвычайно маловероятным событием. Для объектов морских нефтяных терминалов также невозможно применить обобщенные статистические данные, например об аварийности резервуаров, которые представлены в методических рекомендациях Ростехнадзора [13]. В приложении 4 [13] приводятся сведения о частотах аварийной разгерметизации типового оборудования ОПО для резервуаров различной конструкции, полученные анализом статистики отказов и аварий на резервуарах системы трубопроводного транспорта. Резервуары морских нефтяных терминалов работают в другом режиме нагружения и для них не могут быть применены данные о средней аварийности резервуаров магистрального транспорта. Подробно о различиях режима работы резервуаров показано в работе [14]. Таким образом, методы второго уровня не могут быть применены для конструкций морских нефтяных терминалов, поскольку такие объекты не имеют собственной наработанной статистики аварийности и отказов, а применение статистики аналогичных объектов невозможно, так как каждый морской нефтяной терминал является уникальным техническим объектом.

Третий уровень [11], основанный на риск-ориентированном подходе (*Risk-based Inspection*) к управлению техническим состоянием, основан на расчете значения риска R_t , который является интегральной оценкой вероятности реализации аварийного сценария P_t и масштаба его последствий C_t . Условие обеспечения безопасности по

критерию риска в общем случае формулируются в виде следующего ограничения:

$$R_t = (P_t \cdot C_t) \leq [R] = ([P] \cdot [C]) \quad (6)$$

где:

R_t ; $[R]$ - расчетный и предельно допустимый уровень риска аварийного сценария;

P_t ; $[P]$ - расчетная и предельно допустимая вероятность наступления аварийного сценария;

C_t ; $[C]$ - расчетный и предельно допустимый ущерб аварийного сценария.

Метод риск-ориентированного управления техническим состоянием в первую очередь требует определить конкретный механизм или аварийный сценарий, по которому будет происходить разрушение, и вероятность реализации которого, соответственно, будет рассчитываться. При обосновании безопасности на основе неравенства (5) возникает две нетривиальные задачи. Первая задача заключается в определении риска аварий R_t для конкретного объекта в заданных условиях эксплуатации. Вторая задача состоит в определении допустимого или приемлемого уровня риска.

В мировой практике базовыми основами применения такого метода для морских терминалов являются документы, разработанные Американским институтом нефти (API) — API 580⁴ и API 581⁵, а также Американским обществом инженеров-механиков (ASME) — ASME PCC-3⁶. Ростехнадзор также разработал соответствующие рекомендации по проведению анализа риска [13], [15] и [16]. В соответствии с требованиями данных документов, основной задачей проведения расчетов рисков является создание и поддержание системы периодической диагностики технического состояния объекта. Методами качественного или количественного анализа риска выбираются наиболее опасные виды и механизмы отказов, на которых и требуется сосредоточить диагностические усилия.

Для уникальных и технически сложных объектов, таких как морские терминалы, применение риск-ориентированной методологии управления их техническим состоянием не является оптимальным поскольку оценки вероятности реализации аварийного сценария P_t формулируются на основе прецедентного подхода при наличии малого объема данных или полного его отсутствия.

На всех объектах АО «КТК-Р» создана и функционирует система технической диагностики, поддерживается постоянная готовность противоаварийных подразделений путем проведения не менее 10 крупных учений по ликвидации разливов нефти и тушению пожаров в год. Наличие указанных выше систем не может гарантировать отсутствие аварийной ситуации, а реализация на морском терминале аварии, даже в условиях чрезвычайно малой вероятности такой аварии, как правило

влечет за собой значительный ущерб. Так АО «Каспийский трубопроводный консорциум», являясь законопослушной компанией, в соответствии с постановлением суда осуществил выплату 5 285 111 430 рублей в доход федерального бюджета за выброс сырой нефти при погрузке греческого танкера Minerva Symphony в августе 2021 года из-за разрушения внутренней полости гидрокомпенсатора, являющегося составной частью выносного причального устройства. При этом признанный надзорными органами [17] объем выброса составил 69,1 тонны нефти.

В России также происходили чрезвычайно маловероятные залповые выбросы нефти в водную акваторию при аварии на нефтегазовых объектах. В качестве примера опасности резервуаров при залповом выбросе можно привести пример аварии в мае 2020 года на резервуаре РВС №5 Норильской ТЭЦ №3 (АО «Норильско-Таймырская энергетическая компания»). Авария привела к разливу около 20 тысяч тонн дизельного топлива. Тяжелые последствия данной аварии были обусловлены группой маловероятных причин, среди которых:

- резервуар не входил в область надзора территориальных подразделений Ростехнадзора по объектам нефтегазового комплекса поскольку относился к электростанции;
- ненадлежащая система контроля геотехнического состояния основания резервуара эксплуатирующей организацией;
- ненадлежащее обслуживание, эксплуатация и ремонт как конструкций самого резервуара, так и обвалования;
- рельеф местности, благоприятный для стока нефтепродуктов в водную систему;
- сложный характер местной гидрологической системы, обеспечивший быстрое растекание нефтепродукта по многочисленным водным объектам.

Следствием этих причин стало загрязнение территории площадью около 100 тысяч квадратных метров и попаданию дизельного топлива в реки Далдыкан и Амбарная, входящих в Норило-Пясинскую озерно-речную систему. Росприроднадзор и Росрыболовство оценили ущерб экологии в результате данной аварии в размере 146 миллиардов рублей, которые были выплачены компанией в доход государству по результатам судебных разбирательств [18].

Для подобного рода объектов в работах [7], [10] предложен подход, основанный на концепции защищенности от техногенных катастроф. Как показано рядом авторов Российской академии наук в работах [9; 10] в процессе эксплуатации объекта техносферы в нем происходит накопление повреждений. Для обеспечения безопасной эксплуатации конструкций вместо критических повреждений, соответствующих достижению предельных состояний, с использованием системы коэффициентов запаса в расчет могут вводиться допустимые повреждения.

Для реализации концепции защищенности от техногенных катастроф в рамках разработки эффективной системы контроля и оценки технического состояния морских нефтяных терминалов предлагается ввести в практику понятие «поврежденность объекта», под которой понимается мера, характеризующая отклонение состояния объекта от проектного с учетом всех накопленных повреждений. Под повреждениями понимается любое отклонение объекта от проектных параметров (трещин, деформаций, потери металла, снижения характеристик материала и т.д.), в том числе допустимых.

В качестве величины, численно характеризующей «поврежденность объекта» используем понятие «накопленной поврежденности» D_h , представляющую собой функцию, построенную на основании нейросетевых технологий или регрессионного анализа и зависящую от прогнозного периода времени τ , фактических значений i -ых накопленных повреждений r_i и динамики $f(r_i, t)$ развития накопленных повреждений r_i в предшествующие моменты времени t :

$$D_h = (\tau) = f[\tau, r_i, f(r_i, t)] \quad (8)$$

По своей сути функция (1) представляет собой предиктивную модель, которая связывает изменение значений i -ых накопленных повреждений, их взаимного влияния друг на друга и прогноза развития с наступлением предельного состояния. Значению накопленной поврежденности $D_h = 1$ соответствует предельное состояние объекта, при котором в прогнозный период времени τ возможна реализация какого-либо из аварийных сценариев. Значению накопленной поврежденности $D_h < 1$ отвечает состоянию объекта, при котором в прогнозный период времени τ не возникнет аварийной ситуации. В зависимости от конкретного значения накопленной поврежденности D_h может потребоваться принятие определенных управленческих решений по дальнейшему предотвращению аварийных ситуаций.

Предиктивный анализ состояния деградации конструкции выполняет функцию, аналогичную функции обнаружения дефектов в риск-ориентированном подходе. При этом, если базовым элементом риск-ориентированного подхода является оценка вероятности отказа критического дефекта, то в концепции техногенной защищенности используется показатель накопленной поврежденности всех обнаруженных дефектов конструкции. На рисунке 3 показано типичное распределение дефектов конструкции, обнаруженных при проведении традиционной диагностики конструкции. По результатам расчета дефектов их распределяют по степени критичности, при этом в риск-ориентированном подходе дальнейшая работа по оценке степени критичности и необходимых мер контроля и ремонта ведется только с потенциально опасными, критическими и закритическими дефектами. Допустимые дефекты в расчетах не учитываются.

⁴ API 580 American Petroleum Institute. (2016). Risk-based inspection. Washington, D.C.: API Publishing Services;

⁵ API 581 American Petroleum Institute. (2008). Risk-based inspection technology. Washington, D.C.: API Publishing Services;

⁶ ASME PCC-3-2017 Inspection Planning Using Risk-Based Methods.

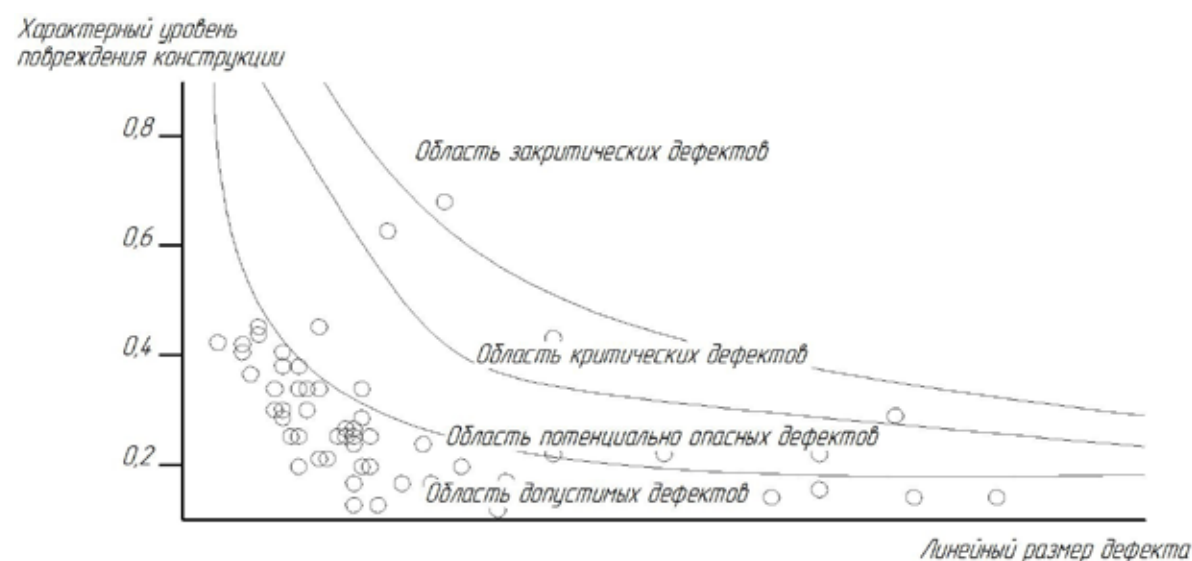


Рисунок 3 – Типичная схема распределения дефектов конструкции по результатам диагностики

Методика, основанная на механизме накопления поврежденности, в свою очередь, учитывает все обнаруженный дефекты и оценивает их вклад в общий параметр накопленной поврежденности конструкции. Процесс оценки накопленной поврежденности включает в себя анализ и прогноз состояния всех возможных для данной конструкции механизмов деградации, таких как механический износ, усталостные процессы, изменение геометрии, снижение прочностных свойств материала и т.д.

Примером такого механизма может служить методика оценки накопленной усталости для прогнозирования технического состояния резервуаров морского терминала по критерию малоциклового усталости [19; 20]. Уровень накопленных повреждений по критерию Пальмгрена-Майнера для i -го дефекта определяется по формуле:

$$D_i = \sum_{j=1}^n \frac{N_j}{N_{i,kp}} \quad (7)$$

где:

$N_{i,kp}$ – допускаемое число циклов нагружения конструкции j -го блока нагружения определяется для каждого i -го дефекта;

N_j – фактическое число циклов нагружения конструкции j -го блока нагружения определяется для каждого i -го дефекта.

Если параметр поврежденности по критерию Пальмгрена-Майнера для i -го дефекта D_i достигает значения равного 1, то возникает критическое состояние дефекта по механизму малоциклового усталости (образование макротрещины).

Процесс накопления повреждений можно представить в виде некоторой траектории, определяемой параметрами работы объекта — числом циклов, напряженностью, дефектностью, изменением геометрии, утонением стенки и т.д. (рисунок 3).

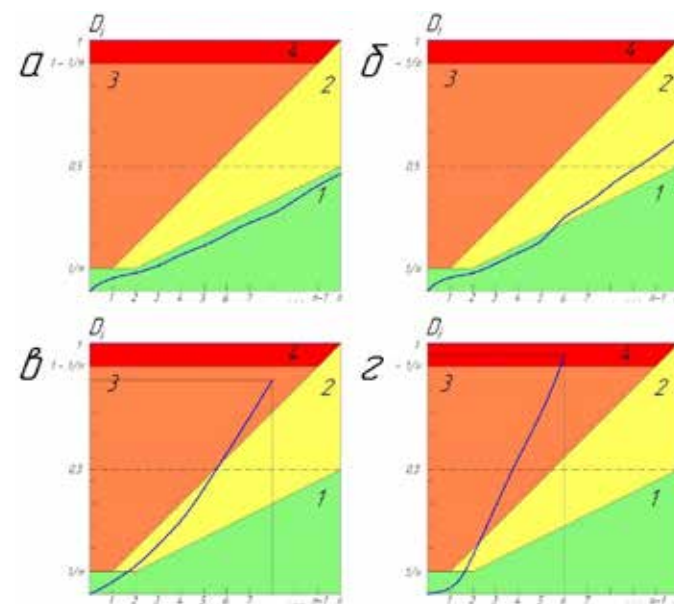


Рисунок 4 – Примеры развития дефектов по механизму накопления поврежденности.

(а – дефекты в процессе эксплуатации постоянно находятся в зоне 1;

б – дефект в процессе эксплуатации переходит в зону 2;

в – дефект в процессе эксплуатации переходит в зону 3;

г – дефект в процессе эксплуатации переходит в зону 4).

На рисунке 3 по вертикали показана шкала накопления поврежденности, на которой отмечаются различные уровни, например зона №4 соответствует аварийному уровню накопления, близкому к 1. По горизонтали указан жизненный цикл объекта, разделенный на n диагностических периодов. Кривая накопления повреждений представляет собой исторический анализ процесса накопления повреждений и строится на основа-

нии результатов периодических или постоянных измерений исследуемого параметра.

Мониторинг параметров состояния объекта в этих областях и является основой для анализа рисков нахождения объекта в том или ином состоянии и условий его перехода между ними.

Несмотря на неоднократную декларацию необходимости разработки и внедрения в практику концепции защищенности от техногенных катастроф объектов СВО и КВО методологии и конкретных алгоритмов реализации в настоящее время нет.

Авторами предлагается реализовать концепцию защищенности от техногенных катастроф (рисунок 4) на основе построения цифрового двойника объекта СВО и КВО, которая базируется на системе предиктивного мониторинга накопленных дефектов и отслеживает состояние основного оборудования и конструкций морских нефтяных терминалов, выявляет появление и развитие негативных процессов на ранних стадиях, прогнозирует развитие дефектов на основании анализа текущих данных, получаемых в режиме реального времени.

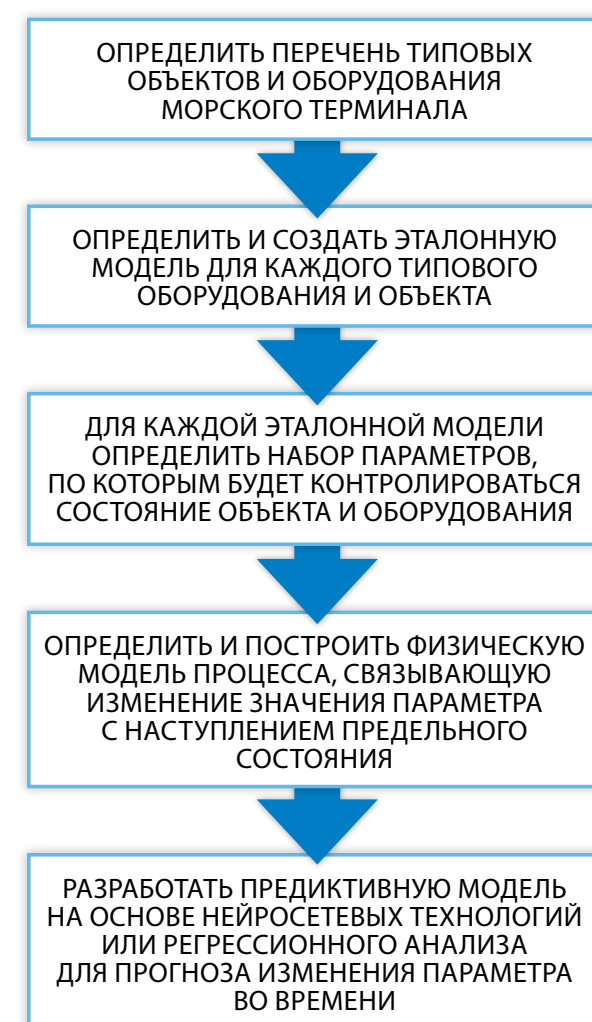


Рисунок 5 – Алгоритм реализации концепции защищенности от техногенных катастроф морских терминалов

Как правило, в соответствии с действующим законодательством [21] морские терминалы относятся к I и II классам опасности.

Эффективность функционирования существующих систем управления промышленностью безопасностью морских нефтяных терминалов значительным образом осложняется большим количеством взаимосвязанных технологических объектов (систем и оборудования), из которых состоят терминалы.

Среди основных технологических объектов (систем и оборудования) морских терминалов можно выделить следующие:

- подводные трубопроводы и/или железнодорожные сливные эстакады;
- узлы приёма средств очистки и диагностики;
- фильтры-грязеуловители;
- резервуарный парк;
- насосную станцию;
- узел коммерческого учёта нефти;
- системы технологических трубопроводов от резервуарного парка к причалу;
- системы защиты от превышения давления на входе береговых сооружений морского терминала;
- причальные сооружения;
- подводные трубопроводы для соединения береговых сооружений с выносными причальными устройствами;
- выносные причальные устройства;
- устройства для сбора и удаления разливов нефти и загрязнённых нефтью вод;
- системы диспетчерского управления и сбора данных;
- сопутствующие сооружения, предназначенные для обслуживания оборудования и судов, нахождения персонала и другие.

Одним из составных элементов функционирования существующих систем управления промышленностью безопасностью морских нефтяных терминалов является контроль и оценка технического состояния входящих в их состав технологических объектов (систем и оборудования). Данные процедуры осуществляются на основании процедур технической диагностики, периодически проводимой в сроки, установленные государственными нормативными правовыми актами и нормативно-технической документацией эксплуатирующей организации. Существующая система контроля и оценки технического состояния, основанная на данном подходе, может быть представлена в следующем виде:

– периодический контроль и измерение фактических значений параметров объекта, определяющих безопасность его эксплуатации. Набор контролируемых и измеряемых параметров, как правило, устанавливается конкретными требованиями действующей нормативной документации;

– оценка пригодности объекта к дальнейшей эксплуатации (или принятие иных управленческих решений) путем сравнения фактических значений

измеренных параметров с конкретными численными критериями допустимых значений измеренных параметров, установленными нормативной документацией, а также выполнением соответствующих прочностных расчетов. Допустимые значения измеренных параметров соответствуют значениям, при которых объект достигает своего предельного состояния;

– оценка скорости изменения фактических значений измеренных параметров и определение безопасного срока дальнейшей эксплуатации на основании определения остаточного ресурса до момента достижения предельного состояния объекта.

За многие годы применения подход, основанный на периодической оценке состояния объекта и определении параметров остаточного ресурса на основе результатов технической диагностики показал свою высокую эффективность как инструмент обеспечения промышленной безопасности, однако он не исключает возможность возникновения аварийных ситуаций в технически сложных системах, таких как морские нефтяные терминалы. Практика показывает, что, несмотря на большое количество применяемых технических средств, мероприятий, методологических подходов, людских и технических ресурсов, нет гарантии и возможности предотвратить все аварийные ситуации.

В основу совершенствования системы управления промышленностью безопасностью морских нефтяных терминалов должны быть положены системные взаимосвязи между всеми технологическими объектами и процессами терминалов, учет их взаимного влияния и результирующая оценка состояния и пригодности к дальнейшей эксплуатации, как отдельных объектов, так и комплекса морского терминала в целом с учетом этих взаимосвязей. Построение подобной системы на основе традиционных подходов, таких как обоснование безопасности по предельным состояниям отдельных объектов, по их остаточному ресурсу и вероятности безотказной работы, а также на основании риск-ориентированного подхода, является невыполнимой задачей ввиду уникальности и технологической сложности морских нефтяных терминалов. Среди основных недостатков традиционных подходов можно выделить:

– невозможность увеличения уровня надежности и безопасности уникальных объектов за счет увеличения значений коэффициентов надежности, используемых при расчетах прочности и устойчивости объектов;

– отсутствие для морских нефтяных терминалов репрезентативной и достоверной статистики их аварийности для оценки вероятностных показателей надежности и безопасности;

– невозможность репрезентативной оценки вероятности реализации сценариев аварии для морских нефтяных терминалов;

– невозможность адекватной оценки последствий реализации аварийного сценария для морских нефтяных терминалов.

Исходя из существующих концепций построения эффективной системы надежности и безопас-

ности уникальных объектов для контроля и оценки технического состояния морских нефтяных терминалов можно предложить реализовать и внедрить в практику концепцию защищенности от техногенных катастроф, предложенную авторами работ [22, 23] для объектов критического и стратегического классов опасности. Под защищенностью при этом понимается способность объекта противостоять возникновению и развитию неблагоприятных ситуаций в штатных и нештатных условиях [7], чтобы обеспечить отсутствие возможности возникновения потенциальной аварийной ситуации на объекте в целом.

Для реализации данного подхода предлагается дополнить существующую в эксплуатирующих организациях систему управления промышленной безопасностью морских нефтяных терминалов структурным элементом, обеспечивающим выполнение процедур предиктивного мониторинга технического состояния – Системой предиктивного мониторинга технического состояния. Предлагаемая Система предиктивного мониторинга технического состояния (рисунок 5) функционирует одновременно и во взаимосвязи с существующей в эксплуатирующих организациях системой технического обслуживания и ремонта (ТОиР), действующей в соответствии с государственными нормативными правовыми актами и нормативно-технической документацией эксплуатирующей организации.

Система предиктивного мониторинга технического состояния является дополнительным элементом управления промышленностью безопасностью, который позволяет проводить предиктивный мониторинг накопленной поврежденности DH технологических объектов / оборудования / систем с целью предотвращения возникновения аварийной ситуации на морском нефтяном терминале. В рамках Системы предиктивного мониторинга технического состояния рассматриваются и оцениваются технологические объекты / оборудование / системы, достижение предельного состояния которыми может привести к возникновению аварийной ситуации на морском нефтяном терминале. Ограничение перечня технологических объектов / оборудования / систем, рассматриваемых Системой предиктивного мониторинга технического состояния, объясняется потенциальной высокой стоимостью реализации подобной системы и экономической эффективностью ее работы.

Система предиктивного M мониторинга технического состояния состоит из модулей. Каждый из M модулей разрабатывается DH для мониторинга накопленной поврежденности конкретного перечня технологических объектов / оборудования / систем, устанавливает правила его функционирования, мониторинга технического состояния, критерии накопленной поврежденности и включает несколько взаимосвязанных подмодулей:

- Технологические объекты / оборудование / системы;
- Эталонная модель;
- Как построено (смонтировано);
- Результаты мониторинга;



Рисунок 5 – Принципиальная архитектура Системы предиктивного мониторинга технического состояния морских нефтяных терминалов

– Модель физического процесса развития повреждения;

– Предиктивная модель накопления поврежденности объекта;

– Критерии накопленной поврежденности;

– Управленческие решения по предиктивной модели.

Подмодуль «Технологические объекты / оборудование / системы» включает закрытый перечень из T днотипных технологических объектов / оборудования / систем, отнесенных к Модулю M и объединенных совокупной общностью следующих признаков:

– возникновение аварийной ситуации на морском нефтяном терминале при достижении предельного состояния;

– функциональное назначение;

– граничные условия работы;

– условия взаимосвязи с другими m модулями;

– набор контролируемых параметров.

Подмодуль «Эталонная модель» Модуля M отражает модель технологических объектов / оборудования / систем, имеющих проектные параметры. Эталонная модель задается в виде совокупности K контролируемых параметров. Для всех T однотипных технологических объектов / оборудования / систем, входящих в Подмодуль «Технологические объекты / оборудование / системы», набор контролируемых параметров определяется в соответствии с требованиями действующей нормативной документации, а также с учетом анализа особенностей функционирования технологи-

ческих объектов / оборудования / систем. Каждый контролируемый параметр отражает какую-либо численно измеряемую при мониторинге и технической диагностике величину (остаточная толщина стенки, глубина коррозии, величина отклонения геометрии, давление, температура и т.д.). Значение каждого K -го контролируемого параметра устанавливается равным его проектному значению.

Подмодуль «Как построено (смонтировано)» представляет собой совокупность фактических значений K_t контролируемых параметров, полученных после строительства (монтажа) технологических объектов / оборудования / систем. Каждый фактический контролируемый параметр отражает какую-либо численно измеряемую при контроле величину (остаточная толщина стенки, глубина коррозии, величина отклонения геометрии, давление, температура и т.д.). Данные фактические значения K_t контролируемых параметров для t -ых технологических объектов / оборудования / систем Подмодуля «Технологические объекты / оборудование / системы» определяются после окончания строительства морского нефтяного терминала (или на основании исполнительной документации для уже эксплуатируемого терминала) на момент ввода объекта в эксплуатацию.

Подмодуль «Результаты мониторинга» содержит информацию о результатах всех R_t технических диагностик и/или мониторингов, проведенных к моменту предиктивного анализа, по каждому K -ому контролируемому параметру каждого t -ого технологического объекта / оборуду-

дования / системы, входящих в Подмодуль «Технологические объекты / оборудование / системы». Величины контролируемых параметров определяются по результатам периодического мониторинга и/или по результатам технической диагностики. Техническая диагностика проводится в сроки, установленные ТООИР, государственными нормативными правовыми актами и нормативно-технической документацией эксплуатирующей организации. На основании анализа особенностей функционирования технологических объектов / оборудования / систем для отдельных K -ых контролируемых параметров может быть установлен периодический мониторинг, срок проведения которого отличен от сроков проведения технической диагностики.

Подмодуль «Результаты мониторинга» связан с подмодулем «Как построено (смонтировано)», как с исходной точкой начального состояния технологического объекта / оборудования / системы.

Подмодуль «Модель физического процесса развития повреждения» для каждого из K контролируемых параметров содержит разработанную физическую модель процесса развития повреждений в прогнозный период времени t , связывающую изменение значения K -ых контролируемых параметров с наступлением предельных состояний t -ых технологических объектов / оборудования / систем, входящих в Подмодуль «Технологические объекты / оборудование / системы».

Подмодуль «Предиктивная модель накопленной поврежденности» содержит разработанную предиктивную модель на основе нейросетевых технологий или регрессионного анализа для оценки изменения в прогнозный период времени t накопленной поврежденности DH технологических объектов / оборудования / систем, связанной с достижениями ими предельных состояний, когда требуется принятие одного из типовых управленческих решений, установленных в подмодуле «Управленческие решения по предиктивной модели».

Подмодуль «Критерии накопленной поврежденности» содержит возможные диапазоны значений накопленной поврежденности DH технологических объектов / оборудования / систем для прогнозного периода времени t . Достижение накопленной поврежденности DH технологического объекта / оборудования / системы определенного диапазона значений потребует принятия одного из одного из типовых управленческих решений, установленных в подмодуле «Управленческие решения по предиктивной модели».

Конкретные диапазоны значений накопленной поврежденности DH устанавливается в зависимости от особенностей T однотипных технологических объектов / оборудования / систем, входящих в подмодуль «Технологические объекты / оборудование / системы».

Подмодуль «Управленческие решения по предиктивной модели» содержит набор типовых управленческих решений, которые могут приниматься по результатам оценки накопленной поврежденности в прогнозный период времени t . В

качестве типовых управленческих решений можно отметить следующие:

- а) дополнительных мероприятий не требуется;
- б) требуется ограничение остаточного ресурса;
- в) требуется дополнительная внеплановая техническая диагностика;
- г) требуется плановый ремонт;
- д) требуется внеплановый ремонт;
- е) требуется вывод из эксплуатации.

Конкретный набор типовых управленческих решений устанавливается в зависимости от особенностей T однотипных технологических объектов / оборудования / систем, входящих в подмодуль «Технологические объекты / оборудование / системы».

На основании данных подмодулей «Как построено (смонтировано)», «Результаты мониторинга» и разработанных закономерностей подмодулей «Модель физического процесса развития повреждения», «Предиктивная модель накопленной поврежденности» с заданной периодичностью определяется значение накопленной поврежденности DH t -ого технологического объекта / оборудования / системы в прогнозный период времени t . Полученные результаты анализируются с учетом условий подмодулей «Критерии накопленной поврежденности» и «Управленческие решения по предиктивной модели» и принимается одно из типовых управленческих решений по предиктивному мониторингу.

Предлагаемая авторами Система предиктивного мониторинга технического состояния позволит реализовать концепцию защищенности морских нефтяных терминалов от техногенных катастроф. Данная система является дополнительным элементом действующих в эксплуатирующих организациях систем управления промышленностью безопасностью и позволит предотвратить аварийные ситуации на морских нефтяных терминалах в течение всего периода их эксплуатации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Непрерывное повышение требований к охране окружающей среды, усложнение конструкций морского терминала, старение эксплуатируемых объектов, недопустимость реализации аварийных ситуаций на объектах морских терминалов определяет необходимость практической реализации концепции техногенной защищенности как основы построения системы управления надежностью и безопасностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- База данных инцидентов с танкерами. IncidentNews. URL: <https://incidentnews.noaa.gov/incident/6223> (дата обращения: 25.05.2025).
- Zanardi-Lamardo, Eliete & Bicego, Marcia & Weber, Rolf. (2013). The fate of an oil spill in São Sebastião channel: A case study. Brazilian Journal of Oceanography. 61. 93-104. 10.1590/S1679-87592013000200002.
- Statement of Basis: Star Enterprise Terminal, Pickett Road Facility, Fairfax, Virginia (PDF) (Report). Philadelphia, Pennsylvania: EPA Region III. April 1998. Retrieved 24 July 2024.

"Chile oil spill: 40,000 litres of diesel spilled into sea off Patagonia". The Guardian. London. Associated Press. 29 July 2019. Retrieved 17 November 2019.

"Oil spill from ship reaches East Coast Park, sea activities on Sentosa beaches halted". CNA. Retrieved 15 June 2024

Johor oil spill at Tanjung Langsat Port Terminal linked to pipeline leak during VLSFO transfer. URL: <https://en.portnews.ru/news/375596/> (дата обращения: 25.05.2025)

Махутов Н.А. Актуальные проблемы безопасности критически и стратегически важных объектов / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2018;84(1(1)):5-9. <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2018-84-1-05-09>;

Махутов, Н. А. Анализ и управление параметрами прочности, ресурса и рисками безопасной эксплуатации энергоустановок с различными видами энергоресурсов / Н. А. Махутов, М. М. Гаденин // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2022. – № 1. – С. 47-56. – DOI 10.31857/S0235711922010060. – EDN VLRSEX.

Махутов Н.А. Научная база комплексного обоснования безопасности морских подводных трубопроводов и объектов // Межведомственный экспертный совет по безопасности морских подводных трубопроводов. URL: https://expertmore.ru/pub_60.html (дата обращения: 25.05.2025).

Махутов Н.А., Гаденин М.М. Комплексный анализ ресурса и безопасности ВВЭР в штатных и аварийных ситуациях. URL: <https://textarchive.ru/c-1530834.html> (дата обращения: 25.05.2025).

Махутов Н.А., Абросимов Н.В., Гаденин М.М. Обеспечение безопасности – приоритетное направление в области фундаментальных и прикладных исследований // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2013. № 3 (27)

Перспективы параметрического нормирования механической безопасности зданий и сооружений в нефтегазовом комплексе / Горбань Н.Н., Иванец В.К., Васильев Г.Г., Леонович И.А. // Нефтяное хозяйство. 2024. № 9. С. 137-143.

Приказ Ростехнадзора от 03.11.2022 №387 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».

Оценка возможности управления ресурсом резервуара морского терминала путем регулирования интенсивности циклического нагружения / Горбань Н.Н., Васильев Г.Г., Леонович И.А. // Нефтяное хозяйство. 2024. № 6. С. 107-111.

«Руководство по безопасности «Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на опасных производственных объектах магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов» (утв. Приказом Ростехнадзора от 29.12.202 N 478).

Приказ Ростехнадзора от 12 сентября 2023 г. № 331 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методика установления допустимого риска аварии при обосновании безопасности опасных

производственных объектов нефтегазового комплекса»

Решение Арбитражного суда Краснодарского края от 29 апреля 2022 г. по делу № А32-8101/2022 // Государственная автоматизированная система Российской Федерации Правосудие: интернет-портал. – URL: <https://sudact.ru/arbitral/doc/FViyay0lslHrZ/> (дата обращения: 25.05.2025).

Контев Д.В. Норильский розлив: уроки и последствия / Д.В. Контев // Бурение и нефть. – 2020. – №7-8. – С. 3-9.

Разработка методики мониторинга малоциклового усталости в локальных геометрических дефектах стенки резервуаров морских терминалов нефти / Горбань Н.Н. // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина». 2021

Методика количественной оценки параметров цикличности работы резервуаров большого единичного объема морских терминалов / Горбань Н.Н., Васильев Г.Г., Леонович И.А., Сальников А.П. // Нефтяное хозяйство. 2021. № 10. С. 102-107.

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 №116-ФЗ. – https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/.

СП 350.1326000.2018 Нормы технологического проектирования морских портов. – <https://docs.cntd.ru/document/550965467>.

Кириченко А.В. Технологические процессы морских нефтеналивных терминалов: монография / А.В. Кириченко, О.А. Изотов, В.А. Гай, С.В. Латухов, В.А. Никитин; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. А.В. Кириченко. – СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2015. – 192 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Горбань Николай Николаевич, к.т.н., генеральный директор АО «КТК».

Васильев Геннадий Германович, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой сооружения и ремонта газонефтепроводов и хранилищ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина;

Леонович Игорь Александрович, доцент, к.т.н., доцент кафедры сооружения и ремонта газонефтепроводов и хранилищ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина.

Сальников Антон Павлович, доцент, к.т.н., доцент кафедры сооружения и ремонта газонефтепроводов и хранилищ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НОРМАТИВНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТОВ МОРСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Горбань Н.Н.¹, Васильев Г.Г.², Леонович И.А.², Сальников А.П.²

1. АО «Каспийский трубопроводный консорциум», e-mail: press@cpspipe.ru

2. РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, e-mail: srgnr@gubkin.ru

Аннотация:

Проведено комплексное исследование современного состояния нормативно-технической базы для прочностных расчетов морских трубопроводов в Российской Федерации. Выявлена системная проблема фрагментации нормативного поля, проявляющаяся в параллельном действии противоречащих друг другу национальных стандартов (СП 378.1325800.2017, ГОСТ Р 54382-2021), наличия ведомственных правил Российского морского регистра судоходства и международных стандартов (DNV-ST-F101, API RP 1111). Методология исследования включала сравнительный анализ расчетных методик, ретроспективный анализ эволюции нормативной базы, математическое моделирование и прогностическое моделирование. Показано, что базовый российский СП 378.1325800.2017 содержит критическую ошибку в формуле расчета толщины стенки, делающую его практическое применение невозможным. Разработан комплекс рекомендаций по гармонизации российской нормативной базы с международными стандартами, включающий предложение по созданию рабочей группы для исправления ошибок в СП 378.1325800.2017 и адаптацию принципов предельных состояний DNV-ST-F101 и API RP 1111. Реализация предложенных мер позволит повысить конкурентоспособность российских компаний на мировом рынке и обеспечить технологический суверенитет в области освоения морских месторождений углеводородов.

Ключевые слова: морские трубопроводы, нормативная база, прочностные расчеты, толщина стенки, импортозамещение, стандартизация, предельные состояния, надежность.

ВВЕДЕНИЕ

Освоение нефтегазовых месторождений континентального шельфа представляет собой стратегический приоритет развития топливно-энергетического комплекса Российской Федерации. В условиях смещения центров добычи в арктические регионы и на глубоководные участки шельфа особую актуальность приобретают вопросы обеспечения надежности и безопасности морской трубопроводной инфраструктуры. Критически важным элементом в решении этой задачи выступает нормативно-техническая база, регламентирующая методы проектирования, строительства и эксплуатации подводных трубопроводов.

Исторически сложилась парадоксальная ситуация, при которой проектирование морских трубопроводов в России с одной стороны, существуют обязательные к применению национальные стандарты, с другой – подавляющее большинство крупных морских проектов (Сахалин-1, Сахалин-2, «Голубой поток», «Северный поток» и т.д.) реализовывались на основе международных стандартов, прежде всего DNV-ST-F101¹ «Submarine Pipeline Systems».

С введением в действие в 2017 году СП 378.1325800.2017² «Морские трубопроводы. Пра-

вила проектирования и строительства» и обновленного в 2021 году ГОСТ Р 54382-2021³ «Нефтяная и газовая промышленность. Подводные трубопроводные системы. Общие технические требования» существует возможность перехода на национальные стандарты. Однако практическое применение этих документов выявило серьезные системные проблемы, требующие комплексного научного анализа и выработки стратегических решений.

Целью настоящего исследования является критический анализ современного состояния нормативной базы для прочностных расчетов морских трубопроводов в России, выявление ключевых проблем и разработка научно обоснованных рекомендаций по ее совершенствованию с учетом международного опыта и национальных особенностей.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методологическую основу исследования составил системный подход, включавший следующие взаимосвязанные компоненты:

- сравнительно-сопоставительный анализ нормативно-технической документации: проведено детальное сопоставление требований национальных стандартов (СП 378.1325800.2017, ГОСТ Р 54382-2021), ведомственных правил (НД №2-020301-007⁴

Российского морского регистра судоходства) и международных стандартов (DNV-ST-F101, API RP 1111⁵ по ключевым параметрам, включая терминологию, методы расчета, коэффициенты запаса и требования к материалам;

- математическое моделирование и верификация расчетных методик: выполнены серии расчетов толщины стенки трубопровода для типовых глубоководных участков магистральных газопроводов по различным стандартам с идентичными исходными данными. Разработана математическая модель для оценки экономических последствий применения различных нормативных требований;

- ретроспективный анализ: исследована эволюция нормативного обеспечения строительства морских трубопроводов в России - от первого подводного трубопровода через Ладожское озеро в 1942 году до современных арктических проектов, проанализированы причины и последствия нормативной фрагментации;

- структурно-функциональный анализ: систематизированы и классифицированы морские трубопроводы по типам транспортируемого продукта и назначению с установлением корреляционных зависимостей между этими параметрами и требованиями к надежности.

Для обеспечения достоверности результатов использовались официально опубликованные нормативные документы, данные реализованных проектов и верифицированные расчетные методики. Статистическая обработка данных проводилась с применением методов корреляционного и регрессионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Вопрос формализации и создания единых требований к проектированию и строительству морских трубопроводов стоит очень остро ввиду проблем, возникающих как в вопросах государственного регулирования и стандартизации, так и ввиду проблем, связанных с реализацией морских нефтегазовых проектов.

Следует отметить, что даже определение понятия «морской трубопровод» имеет неоднозначное определение. В существующих документах под морским трубопроводом понимают различные объекты совершенно различного функционального назначения. Проведенное исследование выявило не просто терминологические расхождения, а фундаментальные различия в концептуальных подходах к определению ключевых понятий в различных нормативных документах. СП 378.1325800.2017 «Морские трубопроводы. Правила проектирования и строительства» определяет морской трубопровод через его пространственные границы («от запорной арматуры на берегу до запорной арматуры на приеме у платформы»), что отражает подход, ориентированный на береговые и плат-

форменные системы. В отличие от этого, ГОСТ Р 54382-2010, являющийся адаптированным переводом DNV-OS-F101, использует функциональное определение «подводный трубопровод» как «часть трубопроводной системы, которая располагается ниже поверхности воды и основывается на функциональном назначении (внутрипромысловые, межпромысловые, внешнего транспорта).

В Российской практике на сегодняшний день можно выделить несколько нормативных документов различного уровня, устанавливающих требования к расчету прочности, надежности и выбору толщины стенки морского трубопровода. В рамках системы государственных стандартов действует СП 378.1325800.2017 и национальный стандарт ГОСТ Р 54382-2021. В рамках международной практики чрезвычайно широко применяется стандарт DNV-ST-F101 и API RP 1111-2015. В рамках деятельности Российского регистра морского судоходства применяются НД №2-020301-007 «Правила классификации и постройки морских подводных трубопроводов», кроме того, большинство нефтегазовых компаний разрабатывают собственные стандарты организации, в основном на базе зарубежных методических документов. На практике имел место факт полного изменения содержания утвержденной ранее нормативного документа. В 2021 году стандарт ГОСТ Р 54382-2011⁶ был заменен на версию 2021 года⁷ с полным изменением текста документа. Версия 2011 года представляла собой адаптированный перевод на русский язык одного из самых популярных международных стандартов на морские трубопроводы DNV-OS-F101, а версия 2021 года это 10 страничный текст ссылок на стандарты, которые не имеет ничего общего с DNV-OS-F101. Основные ссылки в данной версии стандарта приведены на стандарты серии ГОСТ Р 59305-2021⁸ (ISO 13628-1:2005) (перевод – ISO 13628 «Petroleum and natural gas industries - Design and operation of subsea production systems»).

Каждый из указанных документов содержит в том или ином виде не идентичные друг другу методические указания к расчету толщины стенки морского трубопровода. Методика СП 378.1325800.2017 (изменение 1) и методика НД №2-020301-007 построена на прямом вычислении толщины стенки исходя из внутреннего рабочего давления, расчетных значений прочности и коэффициентов запаса. Методики API RP 1111-2015 и DNV-ST-F101 построены на индивидуальном рассмотрении различных критических сценариев («предельных состояний») и применению к каждому из них своих коэффициенты надежности для нагрузок и прочности материалов. Вычисления направлены не на определение толщины стенки, а на подбор такого сочетания толщины стенки и коэффициентов надежности, которые обеспечивали бы наиболее эффективное соответствие проекта целям заказчика и основаны на концепции расчета по предельным состояниям,

¹DNV-ST-F101 «Submarine Pipeline Systems».

²СП 378.1325800.2017 Морские трубопроводы. Правила проектирования и строительства

³ГОСТ Р 59305-2021 (ISO 13628-1:2005) Нефтяная и газовая промышленность.

Проектирование и эксплуатация систем подводной добычи. Часть 1. Общие требования и рекомендации»

⁴НД №2-020301-007 «Правила классификации и постройки морских подводных трубопроводов».

⁵API RP 1111-2015 Design, Construction, Operation, and Maintenance of Offshore Hydrocarbon Pipelines (Limit State Design).

⁶ГОСТ Р 54382-2011 Нефтяная и газовая промышленность. Подводные трубопроводные системы.

Общие технические требования.

⁷ГОСТ Р 54382-2021 Нефтяная и газовая промышленность. Подводные трубопроводные системы.

Общие технические требования.

⁸ГОСТ Р 59305-2021 (ISO 13628-1:2005) Нефтяная и газовая промышленность.

Проектирование и эксплуатация систем подводной добычи. Часть 1. Общие требования и рекомендации».

учитывающей вероятностный характер нагрузок и сопротивлений, основанную на раздельном учете постоянных, временных и особых нагрузок с применением парциальных коэффициентов надежности. Стандарт предусматривает явный учет пластических деформаций и остаточных напряжений, что особенно важно для глубоководных трубопроводов.

В теории известны две аналитические модели расчета на прочность полых цилиндров бесконечной длины. Для тонкостенных труб безмоментная теория расчета оболочки, работающей на внутреннее давление, – формула Барлоу (или, котельная формула), в которой постулируется гипотеза о равномерном распределении напряжений по стенке трубопровода, а для толстостенных трубы – задача Ламе, распределение напряжений по стенке трубы неравномерно и имеет сложную зависимость.

Основным документов в рамках существующей системы нормирования должен был быть свод правил СП 378.1325800.2017, однако его разработчики допустили ошибку в расчетной формуле толщины стенки [1], которая делает невозможным расчет по данной методологии. Разработчики свода правил предложили откорректированный вариант расчета, оформленный как изменение №1 к своду правил СП 378.1325800.2017, которое к настоящему времени не прошло утверждение в Росстандарте. Особенностью предложенного проекта изменений является использование очень консервативного значения коэффициента надежности (таблица 1), которое существенно больше, чем значения коэффициентов надежности большинства методических документов. При этом значение коэффициента не зависит ни от типа промыслового трубопровода, ни от категории участка, ни от транспортируемой продукции.

Нормативная методика	Коэффициенты запаса
Изменение №1 к СП 378	1,9
НД №2-020301-007	1,18 – 1,92
DNV-ST-F101	1,18 – 1,49
API RP 1111	1,11 – 1,39

Таблица 1 – Сравнительные значения коэффициентов запаса при расчете толщины стенки морских трубопроводов

Сравнение результатов расчета для одного и того же проекта глубоководного участка магистрального газопровода с идентичными исходными данными (давление 35 МПа, диаметр наружный 1067 мм, сталь класса прочности X75, глубина

1500 м) показывает (таблица 2), что различные расчетные методики дают различные, иного существенно (до 30-50%) численные значения толщины стенки.

Нормативная методика	Минимальная расчетная толщина стенки, мм	Расчетная толщина стенки с учетом коррозионного износа, мм
Формула Барлоу	38,7	-
Формула Ламе	37,4	-
СП 378.1325800.2017 ¹	-	-
Изменение №1 к СП 378.1325800.2017	64,45	67
НД №2-020301-007	57,19	60
DNV-ST-F101	48,06	53
API RP 1111	49,3	53

1. Нет возможности реализовать расчет.

Таблица 2 – Сравнительный результат расчета толщины стенки проекта морского газопровода

Определить, какая из получаемых толщин лучше или хуже не представляется возможным, поскольку на практике в реальных проектах реализуются все рассмотренные методики.

Ретроспективно, наиболее ранние проекты морских трубопроводов в России (Сахалин 1, Сахалин 2) были реализованы на шельфе острова Сахалин в партнерстве с зарубежными нефтегазовыми компаниями опираясь на их стандарты и методические документы. Данные проекты включали широкую номенклатуру шельфовых промысловых

трубопроводов, а также непротяженные участки магистральных морских нефтепроводов и газопроводов. Также, на шельфе Сахалина в рамках проекта Сахалин-3 был реализован проект освоения Кириновского месторождения, включающий строительство внутрипромысловых трубопроводов-шлейфов и протяженного (28 км) промыслового трубопровода транспортировки флюида на береговые сооружения подготовки. Аналогичные промысловые проекты реализуются на сегодняшний день на шельфе Обской и Тазовской губ и полуострова Ямал. Ключевыми особенностями данных

проектов является транспортировка сложного по составу скважинного флюида с высокой степенью коррозионной опасности по шельфу на глубине не более 50 метров. Режим транспортировки предусматривает высокое давление транспортируемой среды (в зависимости от пластового давления до 30 МПа) со снижением по мере эксплуатации. Проекты шельфовых промысловых трубопроводов также активно реализуются на участке российского шельфа Каспийского моря, особенностью которого является минимальная глубина (3-6 метров) и колебания уровня моря. Для защиты трубопровода в таких условиях в данных проектах применялась обetonированная труба российского производства.

Для магистральных морских трубопроводов России характерно высокое рабочее давление (22-29 МПа), стабильный проектный режим работы без значимой пульсации давлений, большой диаметр и наличие глубоководных участков (в Черном море глубиной до 2200 метров). Из четырех реализованных морских магистральных трубопроводов в активной эксплуатации остаются два газопровода в Черном море, каждый из которых в последние годы работает с нагрузкой выше 100%.

Отдельно следует выделить проекты морских трубопроводов до выносных причальных устройств. Проекты ВПУ реализованы на шельфе Сахалина, в акватории Обской губы, в Баренцевом и Черном морях. Протяженность таких морских трубопроводов обычно не превышает 20 км, а средняя длина порядка 5 км. Они предназначены для транспортировки товарной нефти для погрузки на морские танкера. Для данных морских трубопроводов можно выделить специфический режим работы со значительной циклической компонентой. Режим работу ВПУ любого типа предусматривает необходимость набора давления, поддержания максимального рабочего давления в процессе налива, сброса давления до значений, близких к атмосферному. Исходя из норм безопасности данные трубопроводы не находятся под избыточным давлением в процессе ожидания начала погрузки. Таким образом, каждый загруженный танкер — это один цикл набора и снижения давления. Такие условия могут быть благоприятными для развития малоциклового усталости особенно при наличии дефектов в стенке трубопровода.

Одним из важных факторов, определяющим итоговую толщину стенки морского трубопровода, является коэффициент запаса или система коэффициентов запаса. В рамках сравнительного расчета толщин стенки были проанализированы значения интегральных коэффициентов запаса. Показано, что коэффициент запаса не зависит от функционального назначения морского трубопровода и перекачиваемого продукта. Только в документе Российского морского регистра судоходства установлена система коэффициентов запаса, в рамках которой численное значение определяется в зависимости от участка трубопровода, перекачиваемого продукта и уровня эксплуатации трубопровода.

К недостаткам данного подхода необходимо отнести отсутствие дифференциации степени коррозионной опасности и установление для потенциально ремонтно-пригодных береговых участков коэффициентов запаса выше, чем для не ремонтно-

пригодных глубоководных участков. В всех методиках расчета толщины стенки есть припуск на коррозию, которые обычно установлен в численном виде без привязки к степени агрессивности транспортируемого продукта и режима работы морского промыслового трубопровода, обычно 1 мм для транспортировки продукта без коррозионных свойств, и до 3 мм для транспортировки продукта с коррозионными свойствами.

Такой подход может быть оправдан для объектов с невысокой коррозионной опасностью, например, месторождений флюид которых не обладает значимыми коррозионными факторами. В тоже время, в иных более сложных ситуациях, такой подход может привести к значительному экономическому и экологическому ущербу.

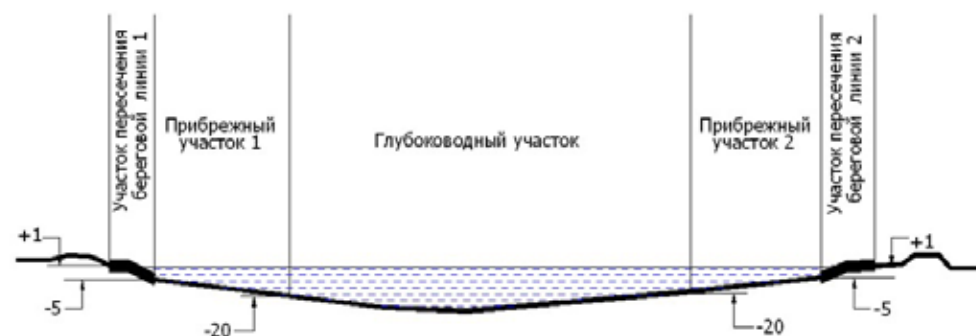
Характерным примером данной ситуации является проблема эксплуатации шельфового месторождения Каспийского моря «Кашаган». Первые аварии и утечки на промысловых трубопроводах шельфа произошли уже на второй неделе после ввода в эксплуатацию данного месторождения. В течение первых 4 лет потребовалось поменять все промысловые и технологические трубопроводы объекта. Скорость коррозии промысловых труб до замены составляла 7-12 мм в год. Несмотря на то, что оператором месторождения является международный консорциум состоящий из крупнейших международных нефтегазовых компаний, несмотря на то, что в основу проектных документов были положены лучшие международные практики, недоучет интенсивности коррозии привел к тому, что месторождение вышло на проектный режим работы на 5 лет позже планового срока, а стоимость оборудования увеличилась на 50%.

Важным элементом расчета прочности трубопровода и определения расчетной толщины стенки является декларация необходимости учета гидростатического давления, значение которого для глубоководных участков может быть близко к внутреннему давлению транспортируемой среды. Километр глубины — это практически 10 МПа давления. Фактически для участков на глубине ниже 100 метров фактор гидростатического давления должен снижать толщину стенки на 10-15% на каждые последующие 100 метров глубины, то есть чем глубже, тем тоньше стенка.

Но поскольку, с одной стороны не существует методики разделения трубопровода на участки, а с другой стороны, проверка на устойчивость от сматия трубопровода требует, наоборот, повышать толщину стенки на глубине, в реальности фактор гидростатического давления в расчетах не используется.

Указанные выше обстоятельства чрезвычайно важны в ситуации разработки и внедрения в российскую практику нового механизма установления требований к проектированию и строительству объектов капитального строительства. С одной стороны изменения 2024 года в Федеральном законе «О техническом регулировании» [2] и в Федеральном законе «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [3] позволяют организациям использовать очень широкий перечень нормативных документов для обоснования безопасности проектных решений, включая меж-

Рисунок 1 – Схема разделения подводного трубопровода на участки



дународные документы и стандарты организации. С другой стороны, Минстроем России создается специальный реестр требований [4], который будет применяться при экспертизе проектной документации.

Указанный реестр представляет собой оформленный в электронном виде перечень обязательных к применению положений и требований, которому должна соответствовать проектная документация. На сегодняшний день Минстрой заканчивает формирования первого набора требований путем попутного копирования из соответствующих сводов правил. Копирование и внесение в реестр пунктов из СП 378.1325800.2017 может привести к тому, что в качестве обязательных требований появятся требования к расчету толщины стенки с ошибками. Подготовленное полтора года назад Изменение №1 к СП 378.1325800.2017 не прошло бюрократическое сито Минстроя и Росстандарта и не было утверждено.

Сохранение указанного положения приведет к значительным проблемам с разработкой, проектированием и строительством морских трубопроводов в ближайшем будущем.

Несмотря на то, что крупномасштабного строительства морских трубопроводов в России на сегодняшний день не ведется, реализация морских нефтегазовых проектов шельфа является важнейшим вызовом для экономики России, необходимость строительства шельфовых и глубоководных трубопроводов транспорта нефти и газа ставит перед отраслью значительное количество технических сложных и уникальных задач, реализация которых тесно связана с наличием в нашей стране опыта, технологий и кадров, формализованных в виде нормативных документов различного уровня.

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное комплексное исследование позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Современное состояние нормативной базы для прочностных расчетов морских трубопроводов в Российской Федерации характеризуется системной фрагментацией и наличием критических ошибок в ключевых документах, что создает реальные угрозы безопасности и экономической эффективности offshore-проектов.
2. Базовый нормативный документ СП 378.1325800.2017 содержит концептуальную и математическую ошибку в расчетной формуле, делающую его непригодным для практического применения в проектировании ответственных объектов.

3. Ведомственные правила Российского морского регистра судоходства приводят к значительному завышению толщины стенки (до 25%) по сравнению с международными стандартами, что обуславливает перерасход материалов до 1500 т/100 км и увеличение капитальных затрат на 5-7% и требуют необоснованного изменения технологий поставки трубной продукции.
4. Реформа технического регулирования 2024-2025 годов создает правовую основу для гармонизации национальных и международных стандартов через механизм реестра требований, однако требует научно обоснованной реализации.
5. На основе проведенного анализа представляется необходимым создание рабочей группы с участием Ростехнадзора, Российского морского регистра судоходства, ведущих научных организаций и проектных институтов для исправления ошибок и адаптации положений СП 378.1325800.2017 к российским условиям и опыту реализации международных проектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ методик проведения расчета толщины стенки морских трубопроводов в соответствии с существующими нормативными документами / Шепилов А.А. // Трубопроводный транспорт: теория и практика. 2021. № 2 (78). С. 49-55;
2. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 N 184-ФЗ;
3. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 N 384-ФЗ;
4. Постановление Правительства РФ от 31.08.2023 N 1417 «Об утверждении Правил формирования и ведения реестра требований, подлежащих применению при выполнении инженерных изысканий, осуществлении архитектурно-строительного проектирования, проведении экспертизы проектной документации и (или) экспертизы результатов инженерных изысканий, строительстве, реконструкции, капитальном ремонте, эксплуатации и сносе объектов капитального строительства, выявления, устранения противоречий между требованиями, включенными в реестр требований, а также между требованиями, включенными в реестр требований, и проектами документов, содержащими требования, подлежащие включению в реестр требований».

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Горбань Николай Николаевич, к.т.н., генеральный директор АО «КТК». **Васильев Геннадий Германович**, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой сооружения и ремонта газонефтепроводов и хранилищ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина; **Леонович Игорь Александрович**, доцент, к.т.н., доцент кафедры сооружения и ремонта газонефтепроводов и хранилищ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина; **Сальников Антон Павлович**, доцент, к.т.н., доцент кафедры сооружения и ремонта газонефтепроводов и хранилищ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина.

ОСНОВЫ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА



Святослав Анатольевич Тимашев – научный руководитель, г.н.с. НИЦ «Надежность и ресурс больших систем и машин» УРО РАН, доктор технических наук, профессор.
Алексей Олегович Акульшин – аспирант УрФУ.
Вадим Шавкатович Джумаев – аспирант УрФУ.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ доступных авторам отчетов о проведении внутритрубной дефектоскопии (ВТД) отечественных наземных трубопроводов показывает, что они выполняются на сравнительно низком технологическом уровне. В отчетах: 1) отсутствуют оценки погрешностей измерений присущих конкретно данному внутритрубному инструменту (ВТИ) при его использовании для диагностики конкретного трубопровода; 2) отсутствуют оценки вероятности пропуска опасных дефектов; 3) число верифицированных измерений обнаруженных дефектов статистически незначимо (как правило, не превышает 10 измерений дополнительного диагностического контроля – ДДК), что практически обесценивает, с точки зрения анализа риска, всю процедуру дорогостоящей внутритрубной диагностики.

Проблема усугубляется тем, что неприемлемость использования в отечественных нормах статистики ВО зарубежных морских подводных трубо-

проводов (МПП) и величин ущербов от них, ставит главный вопрос: откуда брать состоятельную статистику для российских ТП, которая принципиально не существует в природе?

Ответ на этот вопрос можно получить, только если использовать искусственный интеллект ИИ для построения базы данных результатов виртуальной внутритрубной диагностики (ВТД) цифрового двойника конкретного ТП, запроектированного по существующим нормам и эксплуатируемого по правилам ведомства или владельца/оператора трубопровода.

На рис. 1 представлена блок-схема процесса генерации такой базы данных с использованием аппарата объяснимого ИИ в виде искусственной нейронной сети с использованием характеристик (1) реального трубопровода, (2) используемого инновационного ВТИ, (3) параметров коррозионного процесса, характерного для инспектируемого трубопровода, и др.

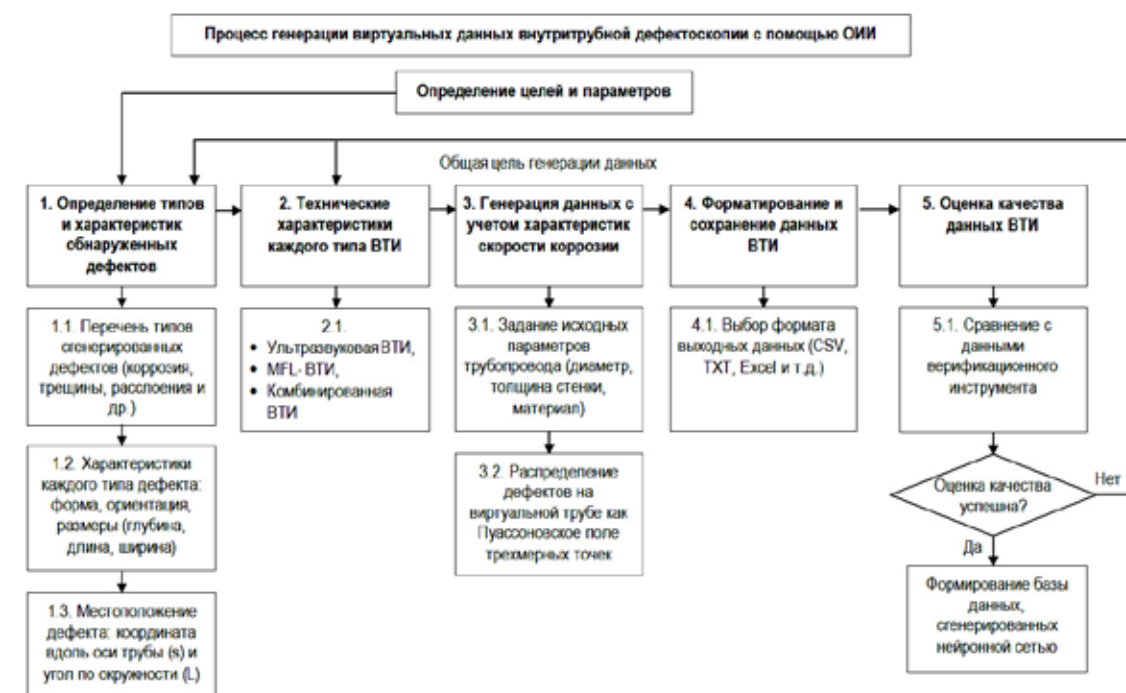


Рис. 1. Применение ИИ при генерации базы данных результатов виртуальной внутритрубной диагностики ТП

Для нового, запускаемого в эксплуатацию ТП необходимо смоделировать инициацию некоторого представительного множества дефектов, характерных для аналогичных трубопроводов, которые уже эксплуатируются. Поскольку частота ВТД отечественных трубопроводов регламентирована, необходимо спрогнозировать размеры всех инициированных дефектов к моменту первой инспекции, с учетом латентного периода, когда дефекты еще невидимы.

Для моделирования эксплуатации нового ТП используются модели деградации защитных слоёв, материала и конструкции самой трубы, адекватно описывающие рост всех типов дефектов. Здесь (и далее везде) возникают нетривиальные вопросы: *Сколько дефектов, какого типа, числа и размеров необходимо смоделировать для всего трубопровода и каждого его участка? И где их расположить топографически?*

Поскольку для расчётных целей разбиение ТП на участки производится по критерию однородности основания, нагрузок/воздействий, и материала трубы, для практических целей необходимо

1. МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ВНУТРИТРУБНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Неразрушающие методы, используемые для диагностики ТП подвержены различным ошибкам, поскольку они построены на косвенной форме измерения. Это может привести к семи различным типам ошибок измерения, на основе которых определяются метрики качества (точности) каждого инструмента [1, 2]:

Ошибки обнаружения: инструмент диагностики не обнаруживает какие-то дефекты или обнаруживает несуществующие дефекты.

Ошибки определения размера: инструмент диагностики неправильно определяет размеры дефектов.

Ошибки идентификации: инструмент диагностики неправильно идентифицирует обнаруженные дефекты согласно классификации, принятой в индустрии ВТД;

Ошибки определения местоположения: инструмент диагностики неправильно определяет координаты (дистанцию и угловое положение) обнаруженных дефектов.

Обнаруженные дефекты составляют лишь часть общей совокупности фактических дефектов. По сути, инструмент диагностики действует как фильтр, который делит совокупность множества реальных дефектов на две группы: обнаруженных и необнаруженных. Данные внутритрубного контроля используются для характеристики состояния трубопровода по вероятностным распределениям глубины и длины обнаруженных дефектов, поскольку считается, что короткие и неглубокие дефекты, скорее всего, не будут обнаружены во время диагностики. На определение точности контроля, как правило, влияют два фактора: вероятность обнаружения/ложного необнаружения дефектов и ошибки (погрешности) их измерений.

моделировать деградацию каждого участка трубопровода отдельно. Необходимо моделировать все типы дефектов, которые наблюдаются на других действующих ТП, аналогичных рассматриваемому. Количество смоделированных дефектов на каждом участке должно быть сопоставимо с фактически наблюдаемым числом дефектов на аналогичных участках ТП, эксплуатируемых в аналогичных условиях. Это позволит получать одинаковую мощность и состоятельность статистик, относящихся к параметрам моделируемых дефектов.

Целесообразно моделировать каждый представительный ансамбль однотипных дефектов как Пуассоновское поле точек, каждая из которых является трехмерным дефектом (глубиной d , длиной l , шириной b). Мощность множества дефектов должна позволять получить состоятельную статистику распределения их размеров. Смоделированная топография поля фактических дефектов при необходимости может быть скорректирована с учетом локальных особенностей коррозии (например, когда нижняя часть оболочки трубы более подвержена коррозии, чем верхняя).

1.1. Вероятность обнаружения (POD)

Этот параметр моделирует несовершенную способность обнаружения инструментов ВТД. POD обычно представляет собой возрастающую функцию глубины дефекта и определяется как экспоненциальная функция:

$$POD(d) = P_D(d) = 1 - e^{-qd}, \quad (4)$$

где $P_D(d)$ – вероятность обнаружения дефекта глубиной d , q – константа, описывающая разрешающую способность инструмента контроля. Выражение для POD можно интерпретировать как экспоненциальное распределение вероятностей обнаруживаемых глубин, где $(1/q)$ – средняя глубина обнаруживаемых дефектов.

Используя теорему Байеса, функцию плотности вероятности (PDF) $f_D(d)$ обнаруженных глубин дефектов можно определить из PDF $f_F(d)$ фактических глубин дефектов:

$$f_D(d) = (P_D(d) f_F(d)) / (\int_0^\infty P_D(d) f_F(d) dd). \quad (5)$$

Вероятность p_d обнаружения случайно выбранного дефекта с помощью средства контроля определяется выражением

$$p_d = \int_0^\infty P_D(d) f_F(d) dd. \quad (6)$$

Аналогично PDF $f_{ND}(d)$ глубин необнаруженных дефектов можно получить как

$$f_{ND}(d) = ([1 - P_D(d)] f_F(d)) / (1 - p_d). \quad (7)$$

Используя уравнения (5) и (7), PDF $f_{ND}(d)$ глубин необнаруженных дефектов можно выразить через распределение обнаруженных глубин:

$$f_{ND}(d) = C [1 - P_D(d)] / (P_D(d)) f_D(d), \quad (8)$$

где $C = 1 / \int_0^\infty (f_D(d)) / (P_D(d)) dd - 1$ – нормировочная константа.

1.2. Точность измерения размеров дефектов

Неопределенность при измерении размеров дефектов моделируется путем добавления случайной ошибки измерения к фактическому размеру. В отличие от ошибки обнаружения предполагается, что ошибка определения размера дефекта не зависит от его фактического размера. В случае, если измерения инструмента не содержат систематических ошибок (инструмент хорошо откалиброван), то считается, что ошибки определения размера ϵ имеют нормальное распределение со средним значением μ_ϵ , равным нулю, и стандартным отклонением σ_ϵ , зависящем от измерительного инструмента. Таким образом, после обнаружения дефекта на его размер накладывается ошибка измерения из-за шума сигнала:

$$d_m = d_d + \epsilon_d, \quad l_m = l_d + \epsilon_l, \quad (9)$$

где d_m и l_m – измеренные глубина и длина соответственно; ϵ_d и ϵ_l обозначают случайные ошибки, связанные с измерением глубины d_d и длины l_d обнаруженного дефекта, которые можно оценить по спецификациям поставщика инспекции. Например, поставщики средств контроля часто указывают, что ошибка будет находиться в определенных пределах (например, $\pm 10\%$ измерения) с заданной вероятностью (например, с вероятностью 90%). Погрешность измерения также можно получить по результатам верификационных раскопок аналогичных действующих трубопроводов.

PDF измеренных глубин дефектов получается путем свертки распределения вероятностей обнаруженных дефектов с распределением вероятностей ошибок измерения:

$$f_m(d) = \int_0^\infty f_D(x) f_\epsilon(d-x) dx. \quad (10)$$

Распределение ошибок измерений описывается нормальным распределением с нулевым средним и заданным стандартным отклонением σ_ϵ :

$$f_\epsilon(x) = 1 / (\sigma_\epsilon \sqrt{2\pi}) e^{-x^2 / 2\sigma_\epsilon^2}. \quad (11)$$

Исходя из уравнений (9), (10), математическое ожидание μ_m и стандартное отклонение σ_m измеренных дефектов:

$$\mu_m = \mu_d, \quad \sigma_m = \sqrt{(\sigma_d^2 + \sigma_\epsilon^2)}, \quad (12)$$

где μ_d и σ_d – математическое ожидание и стандартное отклонение размеров обнаруженных дефектов.

1.3. Моделирование развития дефектов, а также появления группы новых дефектов

Процесс появления новых дефектов описывается неоднородным процессом Пуассона (НПП) [3, 4], согласно которому количество дефектов $N(t)$ в течение временного интервала $[0, t]$ ($t=0$) обозначает время пуска трубопровода в эксплуатацию) на конкретном участке ТП следует распределению Пуассона с PDF , определяемой как [5]:

$$f_N(N(t), m(t)) = (m(t))^{N(t)} e^{-m(t)} / N(t)!, \quad t \geq 0, \quad (13)$$

где $m(t)$ – среднее количество дефектов в интервале времени $[0, t]$, которое согласно [3], подчиняется степенной функции времени $m(t) = \lambda \delta t^\delta$, $\delta > 0$, которые могут количественно определены на основе данных диагностики аналогичных участков ТП, эксплуатируемых в аналогичных условиях. Следует отметить, что $N(t)$ вырождается в однородный процесс Пуассона (ОПП) при $\delta = 1$.

Предположим, что для рассматриваемого участка трубопровода за определенный период времени было проведено n инспекций. На момент i -й инспекции ($i = 1, 2, \dots, n$), t_i , общее количество дефектов на участке трубопровода, N_i , можно разделить на те дефекты, которые возникли до $(i-1)$ -й инспекции, и те дефекты, которые возникли между $(i-1)$ -й и i -й инспекциями, N_i^g . Случайная величина N_i^g также следует распределению Пуассона с PDF :

$$f_{N_i^g}(N_i^g | \lambda, \delta) = (m_i)^{N_i^g} e^{-m_i} / (N_i^g!), \quad (14)$$

$$\text{где } m_i = \lambda \delta \int_{t_{i-1}}^{t_i} x^{\delta-1} dx = \lambda (t_i^\delta - t_{i-1}^\delta), t_0 = 0.$$

Как было отмечено выше, обнаруженное число дефектов в целом меньше фактического числа дефектов. Пусть N_i^{gd} и N_i^{gu} обозначают обнаруженное и необнаруженное количество дефектов, соответственно, т.е. $N_i^g = N_i^{gd} + N_i^{gu}$. Основываясь на свойстве распределения Пуассона, случайные величины (RV) N_i^{gd} и N_i^{gu} следуют распределению Пуассона с соответствующими PDF :

$$f_{N_i^{gd}}(N_i^{gd} | \lambda, \delta) = ((POD_i m_i)^{N_i^{gd}} / (N_i^{gd}!)) \exp(-POD_i m_i), \quad (15)$$

$$f_{N_i^{gu}}(N_i^{gu} | \lambda, \delta) = ((1 - POD_i m_i)^{N_i^{gu}} / (N_i^{gu}!)) \exp(-(1 - POD_i) m_i), \quad (16)$$

где POD_i – средняя POD относительно N_i^g дефектов. POD_i может быть рассчитана как $POD_i = \int POD(x) f_{N_i^g}(x) dx$, где $f_{N_i^g}(x)$ – PDF глубин N_i^g дефектов в момент времени t_i .

Для моделирования роста глубин коррозионных дефектов используется неоднородный гамма-процесс (NHGP) [6], согласно которому глубина дефекта в момент времени t , $D(t)$, следует гамма-распределению с PDF :

$$f_g(d(t) | a(t), \beta) = (\beta^{a(t)} d(t)^{a(t)-1} \exp[-d(t)\beta]) / \Gamma(a(t)) I_{0,\infty}(d(t)), \quad (17)$$

где $a(t)$ – зависящий от времени параметр формы и предполагается, что он является степенной функцией времени, т.е. $a(t) = \varphi_1 (t - t_s)^{\varphi_2}$ ($t > t_s$), где t_s – время возникновения дефекта; β ($\beta > 0$) – независимый от времени параметр скорости (или обратный параметр масштаба) [7]; $\Gamma(\cdot)$ обозначает гамма-функцию, а $I_{0,\infty}(x(t))$ – индикаторная функция, которая равна единице, если $d(t) > 0$ и нулю в противном случае. Среднее значение, дисперсия и коэффициент вариации (COV) $d(t)$ равны $a(t)/\beta$, $a(t)/\beta^2$ и $1/(a(t))^{0.5}$, соответственно. Величина φ_1/β представляет собой среднее значение глубины при первом единичном приращении времени с момента t_s ; φ_2 отражает вид среднего пути роста дефекта и при $\varphi_2 > 1$, $\varphi_2 < 1$, $\varphi_2 = 1$ представляет собой ускоряю-

щийся, замедляющийся и линейный средний рост глубины, соответственно. Кроме того, $\varphi_2=1$ соответствует однородному гамма-процессу.

Параметры φ_1 и φ_2 предполагаются общими для всех дефектов, тогда как t_s и β являются специфичными для каждого дефекта, для учета пространственной изменчивости роста. Пусть t_{sr} и β_r обозначают время возникновения и параметр скорости для r -го дефекта ($r=1,2,\dots$), соответственно. Здесь следует подчеркнуть, что индекс r используется для перечисления всех дефектов, включая обнаруженные и необнаруженные дефекты, чтобы отличать его от индекса j , который используется для перечисления только обнаруженных дефектов. Далее предполагается, что параметр β_r является экспоненциальной функцией параметра случайного эффекта ξ_r , то есть $\beta_r=e^{\xi_r}$. Преимущество выражения β_r в виде экспоненциальной функции заключается в том, что она гарантирует положительность величины β_r .

Из вышеописанных предположений следует, что приращение глубины дефекта r за промежуток времени между $(i-1)$ -й и i -й инспекциями, обозначенное как Δd_{ir} , является гамма-распределением с параметром формы $\Delta\alpha_{ir}$ и параметром скорости β_r , где $\Delta\alpha_{ir}$ задается выражением:

$$\Delta\alpha_{ir}=\{\varphi_1(t_i-t_{sr})^{\varphi_2}/\varphi_1(t_{i-1}-t_{sr})^{\varphi_2}-\varphi_1(t_{i-1}-t_{sr})^{\varphi_2}\}, i=1, i=2,3,\dots,n \quad (18)$$

Глубина дефекта r при i -й инспекции, d_{ir} , является суммой глубины при $(i-1)$ -й инспекции и Δd_{ir} ; то есть, $d_{ir}=d_{(i-1,r)}+\Delta d_{ir}$. Следует отметить, что d_{ir} при $t=t_{sr}$ предполагается равным нулю.

Ниже приведена процедура моделирования глубин коррозионных дефектов и соответствующих результатов диагностики, предполагающая, что все вновь обнаруженные дефекты возникают между $(i-1)$ -й и i -й инспекциями.

1. Вычислить количество вновь возникших дефектов N_i^g в ходе i -й инспекции ($i=1,2,\dots,n$) с помощью распределения Пуассона, заданным уравнением (14).

2. ДЕМОСТРАЦИОННЫЙ ПРИМЕР

Нейронная сеть (НС) автоматизировала сложные расчеты и представила результаты в интуитивно понятной форме, выполнила моделирование риска на основе стандарта B31G, рассчитала затраты с учетом среднеотраслевых значений и создала сравнительный анализ двух сценариев [8, 9].

НС сгенерировала код, включая математические модели, визуализацию и таблицу результатов, что демонстрирует ее способность к комплексному решению инженерных задач.

На рис. 2 представлена 3D схема расположения сгенерированных дефектов и в начальном состоянии, и через 5 лет. Было сгенерировано три вида дефектов: коррозионные, трещины и вмятины (см. рис. 3).

Количество новых дефектов – 11. Средняя ско-

2. Определить начальное время t_{sr} ($r=1,2,\dots,N_i^g$) для N_i^g вновь возникших дефектов.

3. Выбрать параметры случайного дефекта ξ_r ($r=1,2,\dots,N_i^g$) для N_i^g дефектов из нормального распределения со средним значением, равным нулю, и дисперсией σ_{ξ}^2 .

4. Сгенерировать глубину дефектов:

4.1) Для i -й инспекции принять $r=1$.

4.2) Сгенерировать приращение глубины, Δd_{ir} , по гамма-распределению, заданного уравнением (17) с параметрами формы и масштаба, равными $\varphi_1(t_i-t_{sr})^{\varphi_2}$ и e^{ξ_r} , соответственно. Следует отметить, что $d_{ir}=\Delta d_{ir}$ для вновь возникших дефектов в i -м интервале инспекции.

4.3) Если $d_{ir}^g > d_{th}$ (d_{th} – разрешающая способность внутритрубного инструмента), принять дефект как обнаруженный дефект с вероятностью $POD\ d_{ir}^g$. Если дефект принят как обнаруженный дефект, перейти к шагу 4.4); в противном случае установить $r=r+1$ и перейти к шагу 4.2).

4.4) Сгенерировать приращение глубины, связанное с k -й инспекцией ($k=i+1, i+2,\dots,n$) для обнаруженного дефекта, Δd_{kr} , по гамма-распределению, заданного уравнением (17) с параметрами формы и масштаба, равными $\varphi_1(t_k-t_{sr})^{\varphi_2}-\varphi_1(t_{k-1}-t_{sr})^{\varphi_2}$ и e^{ξ_r} , соответственно. Рассчитать $d_{kr}=\sum_{l=i}^k \Delta d_{lr}$ как фактическую глубину обнаруженного дефекта r во время k -й инспекции.

4.5) Сгенерировать измеренную глубину для обнаруженного дефекта от i -й к n -й инспекции путем добавления случайной погрешности измерения к глубине обнаруженного дефекта. Случайная погрешность измерения генерируется по нормальному распределению с нулевым средним и стандартным отклонением σ_e .

4.6) Принять $r=r+1$ и повторить шаги 4.2) – 4.5) до $r=N_i^g+1$.

4.7) Повторить шаги 4.1) – 4.6) для всех инспекций, $i=1,2,\dots,n$.

рость коррозии (мм/год) составила 1,9 мм. Средняя скорость роста трещин (мм/год) составила 3,2 мм.

Для каждого дефекта была сгенерирована погрешность его измерения двумя дефектоскопами, ультразвуковым и магнитным. Плотности распределения погрешностей измерения (ПИ) для отдельного коррозионного дефекта и двух используемых дефектоскопов представлены на рис. 4.

Графики вероятности обнаружения и необнаружения дефектов для двух дефектоскопов представлены на рис. 5.

Была проведена оценка риска эксплуатации в моменты принятия решения о ремонте или восстановлении трубы после аварии по критерию остаточной прочности, как синтез количественной и экспертной оценки (ЧФ). Требуется применения аппарата теории Демпстера-Шафера, основанной

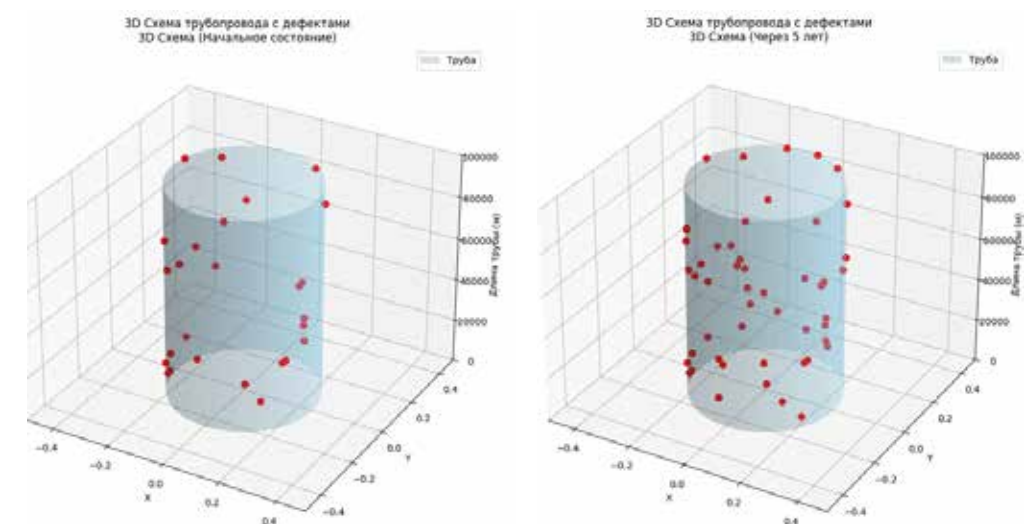


Рис. 2. 3D схема расположения сгенерированных дефектов в начальном состоянии и через 5 лет

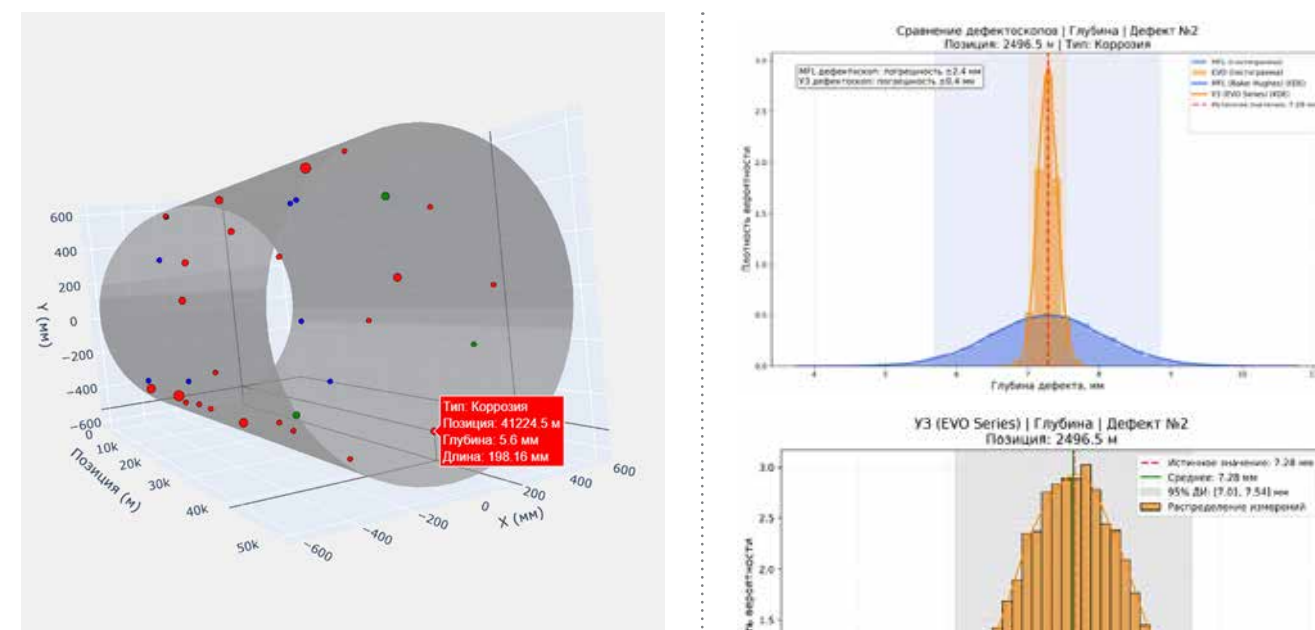


Рис. 3. 3D модель трубопровода с различными видами дефектов

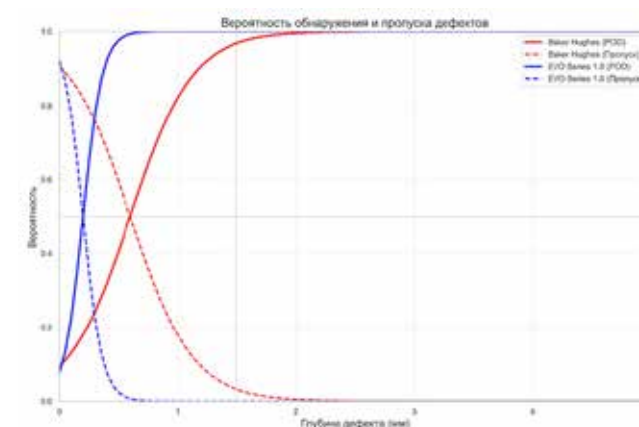


Рис. 5. Графики вероятности обнаружения и необнаружения дефектов дефектоскопами

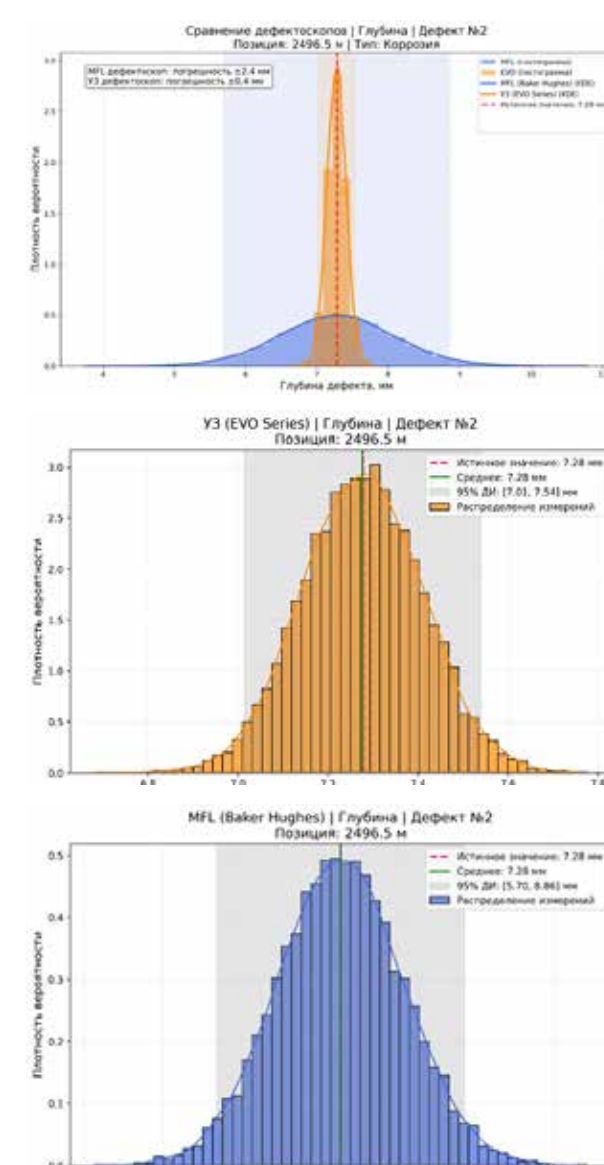


Рис. 4. Сравнение погрешностей измерений глубины коррозионного дефекта для двух дефектоскопов

Правил РС для определенных элементов объектов обустройства шельфовых месторождений. Но прежде следует остановиться подробнее на Правилах классификации и постройки подводных добычных комплексов (далее - Правила ПДК), то есть того подводного оборудования, которое, по нашему мнению, является предметом рассмотрения Межведомственным экспертным советом по безопасности морских подводных трубопроводов и оборудования (МЭС). Действительно, под подводным добычным комплексом понимается комплекс подводных устройств, систем и оборудования, предназначенный для обеспечения добычи пластовой продукции на морских нефтегазовых месторождениях с использованием скважин с подводным заканчиванием.

Правила ПДК распространяются на следующие функциональные составляющие ПДК:

- фундаменты и основания;
- защитные конструкции;
- подводное устьевое оборудование;
- выкидные линии, подводные трубопроводы и райзеры;
- кабели и шлангокабели;
- системы сбора и подготовки пластовой продукции;
- системы энергоснабжения;
- системы контроля, управления и аварийной защиты.

Требования, содержащиеся в настоящих Правилах, относятся к следующему:

- классификации ПДК;
- составу документации на ПДК при рассмотрении проектов обустройства морских нефтегазовых месторождений;
- составу номенклатуры объектов технического наблюдения Регистра;
- общим требованиям к проектированию ПДК, в том числе к величинам расчетных нагрузок;
- техническому наблюдению Регистра при постройке и эксплуатации ПДК, а также при изготовлении материалов и изделий для них;

- процедурам технического наблюдения Регистра для элементов ПДК;
- оценке безопасности ПДК.

Правила ПДК применяются при проектировании, изготовлении, эксплуатации и подтверждении соответствия ПДК в части установленного уровня безопасности, отсутствия загрязнений окружающей среды при производстве работ по добыче, сбору, промысловой подготовке, переработке и транспортировке пластовой продукции, а также при оценке рисков соответствующих критических событий.

При проведении технического наблюдения за ПДК Регистр осуществляет:

- рассмотрение технической документации с заключением о возможности присвоения класса ПДК, подтверждающего соответствие требованиям Правил;
- одобрение отдельных материалов и изделий для ПДК, указанных в Номенклатуре объектов технического наблюдения Регистра за ПДК, с выдачей свидетельств о соответствии;
- признание изготовителей изделий и материалов для ПДК с выдачей Свидетельства о признании изготовителя;
- одобрение сварочных материалов и технологических процессов сварки с выдачей соответствующих Свидетельств и аттестацию сварщиков;
- признание испытательных лабораторий с выдачей Свидетельства о признании испытательной лаборатории;
- признание поставщиков услуг и предприятий-подрядчиков с выдачей соответствующих Свидетельств;
- техническое наблюдение за ПДК при их изготовлении и постройке (монтаже);
- техническое наблюдение за ПДК в эксплуатации, в том числе при модернизации и ремонте.

Правила ПДК Регистра в настоящее время действуют в 4-й редакции со времени своего опубли-

кования в 2011 и поддерживаются в актуализированном состоянии, однако в связи с отсутствием отечественных проектов и изготовителей систем и оборудования ПДК, указанные Правила имеют ограниченное применение. Например, содержащиеся в разд. 3 части VIII Правил ПДК требования к оконечным манифольдам подводного трубопровода (PLEM) были применены для классификации комплекса оборудования плавучих одноточечных причалов, установленных в одном из портов Черного моря для отгрузки нефти, на соответствие требованиям Правил классификации и постройки морских плавучих нефтегазовых комплексов (Правила ПНК). Также эти требования будут применены в случае изготовления манифольдов PLEM при проведении технического перевооружения данного комплекса отгрузки.

PLEM (см. рис. 2а) должен обеспечивать перекрытие потока продукции по подводному трубопроводу и/или его перераспределение на другие подводные системы трубопроводов, включая райзерные, как это показано на рис. 2б. Для этого входной и выходные трубопроводы PLEM комплектуются запорной арматурой, как правило имеющей ручной и дистанционный привод, а выходные трубопроводы оснащены трубными вставками оснований райзеров (линиями подводных шлангов).

В планах по совершенствованию Правил ПДК содержатся разработки требований к следующим элементам ПДК:

- оконечным устройствам трубопроводов (PLET) и линейным тройникам;
- устройствам для закрепления элементов ПДК на донном грунте (сваи, кессонные якоря и т.д.), а также к морским операциям по безопасной укладке подводных силовых кабелей/шлангокабелей с кабелеукладочных судов или другими способами, включая требования к предприятиям-подрядчикам.

Последнее из указанных направлений совершенствования Правил ПДК имеет важное значение не только собственно для объектов ПДК, но и для морских стационарных платформ (МСП) в связи с тем, что их энергопитание зачастую осуществляется в берега или другой платформы с использованием силовых подводных кабелей 10 – 35 кВ. Например, из 16 платформ в классе Регистра для 6 энергопитание осуществлено этим способом. Кстати, согласно 2.4 части I Правил МСП, если в качестве основного источника электрической энергии МСП применяются подводные силовые кабели, то к основному символу класса платформы добавляется словесная характеристика «subsea power cable».

Указанные требования по освидетельствованию укладки подводных силовых кабелей и шлангокабелей будут учитывать следующие этапы работ:

- подготовительные работы на береговой базе: изготовление кабельных каналов, перематка кабеля и т.д.;
- мобилизация оборудования кабелеукладочного судна перед началом работ по проекту;
- укладка подводного силового кабеля/шлангокабеля;

- затяжка силовых кабелей на МСП;
- операции по засыпке/заглублению в донный грунт или по иным способам защиты силового кабеля/шлангокабеля;
- подключение силового кабеля/шлангокабеля;
- испытания по итогам укладки и подключения.

Далее остановимся на некоторых наиболее важных моментах, связанных с совершенствованием Правил классификации и постройки морских подводных трубопроводов (Правила МПТ). Одним из важнейших нововведений, которое вступило в силу с 01.01.2025 г., будет возможность включения в объем технического наблюдения Регистра в целях классификации МПТ райзеров и стояков, обеспечивающих транспорт продукции в рассматриваемой трубопроводной системе, а также соответствующие камеры приема и запуска средств очистки и диагностирования трубопровода. Для определенности откорректированы термины, введенные ранее в главу 1.2 части I и пункт 1.2.1 части II Правил МПТ:

- стояк - вертикальная часть морской трубопроводной системы транспорта продукции, расположенная внутри помещений МСП/ПНК;
- райзер - конструктивно обособленная вертикальная часть морской трубопроводной системы транспорта продукции, подверженная воздействию морской среды.

Как следует из последнего определения, конструктивные решения райзеров обосновываются в проектной документации, но, например, для МСП с опорным блоком ферменного типа (Jacket Platform) типовым конструктивным решением является закрепление райзера на одной из стоек фермы. На рис. 3 проиллюстрировано отличие стояка от райзера.

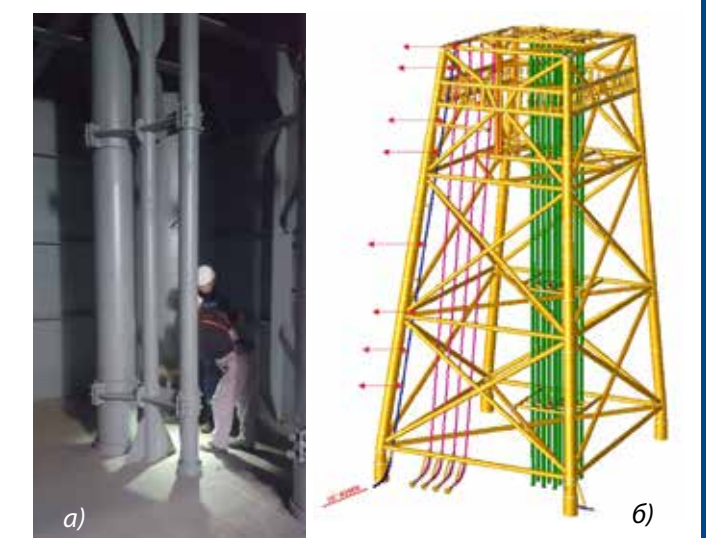


Рис. 3 Примеры конструктивного оформления стояка (а) и райзера (б) (для райзера стрелками показаны узлы его крепления стойке опорного блока)

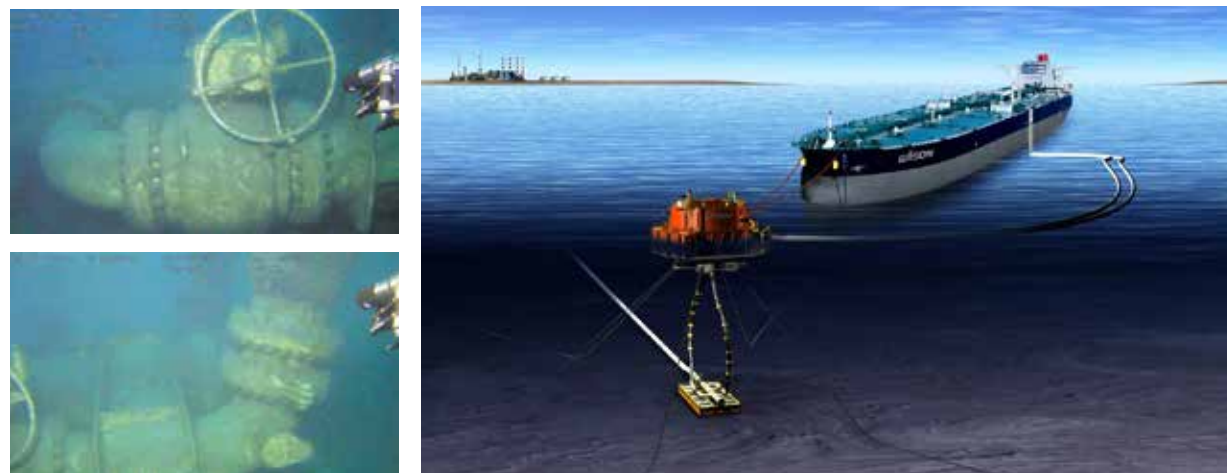


Рис. 2 Элементы оборудования ПДК в составе плавучего точечного причала
а) – подводное обследование PLEM (из отчета признанных Регистром предприятий ООО «Сварог» и ООО «ЦМИ МГУ»)
б) – пример компоновки оборудования и устройств плавучего точечного причала компании «Wison»

Из 16 морских стационарных платформ в классе Регистра 9 оборудованы подводными патрубками стояков для подключения через трубные вставки

линейных частей подводных трубопроводов. Примеры конструктивных решений таких подводных патрубков приведены на рис. 4

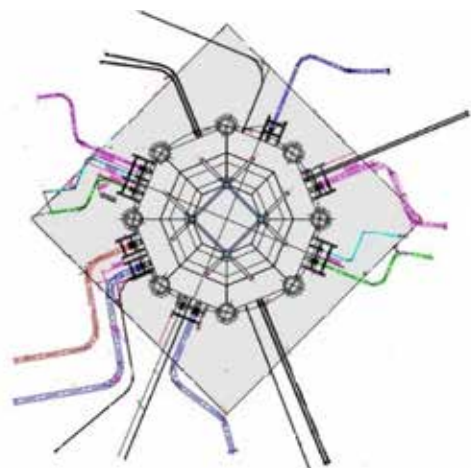


Рис. 4 Примеры конструктивных решений по подводным патрубкам МСП

При техническом наблюдении Регистра за морскими подводными трубопроводами с учетом возможности включения в объекты классификации стояков и райзеров до первой запорной арматуры или включая камеры приема и запуска средств очистки и диагностирования Правилами МПТ предусмотрено введение:

- специальных словесных характеристик в символ класса МПТ, указывающих на факт наличия как объекте классификации стояков, райзеров и/или камер приема и запуска средств очистки и диагностирования;
- соответствующих ссылок на Правила по нефтегазовому оборудованию ПНК/ПБУ/МСП, в которых приведены требования к стоякам, как элементам системы транспортировки продукции, а также к камерам приема и запуска средств очистки и диагностирования, к которым в указанных Правилах имеются требования, в том числе, по периодическим освидетельствованиям в эксплуатации.

В заключении следует упомянуть о некоторых планах по совершенствованию Правил МПТ, которые появились в результате анализа потребностей производства материалов и оборудования для объектов обустройства морских нефтегазовых месторождений, а именно: разработка требований к плакированным стальным трубам и подводным шлангам.

Плакированные стальные сварные и бесшовные трубы необходимы для транспорта коррозионно-активной пластовой продукции, содержащей, например, сероводород. Производство таких труб еще только начинает осваиваться российской промышленностью, в частности на АО «Загорский трубный завод» была произведена опытная партия сварных прямошовных плакированных (биметаллических) труб диаметром 508 – 1420 мм.¹

Техническое наблюдение за производством плакированного стального листового проката уже проводилось Регистром для проекта морской ледостойкой стационарной платформы «Приразломная» (в классе Регистра с 2015 г.) и других проектов. Однако требования Регистра к технологии производства сварной трубы путем формообразования из плакированной листовой заготовки (штрипса) и последующей сварки еще предстоит разработать. Для этого может быть достаточно эффективным инструментом сотрудничество в рамках Научно-технического совета Регистра, в который входят представители ведущих научных организаций, производственных и подрядных предприятий.

Подводные шланги, из которых может быть сформирован райзер для вертикальной части транспорта продукции от PLEM до морского плавучего точечного причала (см. рис. 26), представляют собой важнейший компонент для реализации проектов обустройства морских нефтегазовых месторождений с использованием плавучих точечных отгрузочных причалов или ПНК (FPSO). Шланги конструктивно представляют собой гибкие трубы многослойной полимерной структуры со связующими слоями и металлическим армированием. Такого рода шланги изготавливаются, как правило, стандартной мерной длины 10,7 м (35 футов) и с фланцевыми концевыми фитингами. Шланги кроме расчетного внутреннего давления должны быть рассчитаны на внешнее гидростатическое давление, как правило, соответствующее глубине воды 76 метров для случая их опорожнения. Для технического наблюдения за изготовлением подводных шлангов предполагается разработка соответствующих требований для дополнения ими Правил классификации и постройки морских подводных трубопроводов.

¹ Науменко А.А., Голышев В.А. Производство электросварных прямошовных биметаллических труб диаметром 508 – 1420 мм. – «Инженерная практика», 2022, №1, с. 20 - 25



ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОАВТОНОМНЫХ ИНТЕРВЕНЦИОННЫХ АНПА ГЛАЙДЕРНОГО И РЕЗИДЕНТНОГО ТИПА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА И ПАТРУЛИРОВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.Ю. Занин, советник генерального директора АО «НПП ПТ «Океанос», руководитель рабочей группы по морской робототехнике МЭС по безопасности морских подводных трубопроводов.
А.М. Маевский, к.т.н., научный сотрудник, руководитель проектов АО «НПП ПТ «Океанос»

ВВЕДЕНИЕ

По данным Роснедр текущие запасы газа на шельфе составляют 15,4 трлн м³ [1], что требует дальнейшей детальной проработки и развития технологий разведки, добычи и обслуживания подводной инфраструктуры. При этом текущая геополитическая ситуация, изменение вектора сотрудничества влекут за собой новые проекты подводных систем, их мониторинга и патрулирования [2]. Экономический и технологический суверенитет страны с учётом текущих и прогнозируемых вызовов требует формирования новых инновационных подходов к обслуживанию и комплексной безопасности подводных объектов. В сложившихся условиях особое значение приобретают автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) с высокой автономностью, гибкостью и многофункциональностью, групповым колаборативным применением, минимизацией непосредственного участия человека в морских операциях, включая экстремальную подводную среду.

Развитие высокоавтономных систем привело к рождению ключевых высокотехнологичных направлений, в том числе подводных глайдеров и резидентных морских робототехнических комплексов (МРТК).

Подводные глайдеры характеризует высокая энергоэффективность и способность к долговременному перемещению со сбором Big Data в обширных акваториях, сложных ледовых и гидрометеорологических условиях.

Резидентные МРТК, напротив, постоянно базируются в ограниченных акваториях (ограничения по длине экскурсионного кабель-троса или запасу энергии в бортовых системах) и готовы к оперативному выполнению миссий по патрулированию и контролю состояния точечных или линейных подводных объектов — трубопроводов, кабельных линий, добычных комплексов и иных элементов морской инфраструктуры.

Применение таких систем решает задачи как ординарной, так и арктической, глубоководной подводной деятельности, при напряжённом судоходстве, экологических ограничениях по уровню акустического загрязнения водной среды и эмиссии CO₂ в атмосферу для судов носителей, включая:

- оперативный объективный контроль и управление техногенными и антропогенными воз-

действиями на подводные объекты и окружающую среду с соответствующими рисками;

- плановое и внеплановое проведение оперативных инспекций и корректирующих действий (регулировок, ремонта) вне зависимости от погодных, рыночных или геополитических коллизий при ведении морских операций;
- снижение рисков для персонала, задействованного в морских операциях.

Интеграция подводных глайдеров и резидентных подводных необитаемых аппаратов в единое конструктивное исполнение и сетевую архитектуру подводного мониторинга и патрулирования открывает перспективы для создания устойчивых, финансово и энергоэффективных, самоорганизующихся систем подводного наблюдения и решения прикладных задач безопасной и безаварийной эксплуатации. Такие системы способны выполнять оперативный и непрерывный многопараметрический контроль, автоматически перераспределять задачи между аппаратами и адаптивно реагировать на выявленные изменения, включая потенциальные угрозы, подводной инфраструктуры и окружающей среды.

Подводные глайдеры как современные системы автономного долгосрочного мониторинга

Современные исследования в области автономных подводных систем направлены на решение задач океанологического и экологического мониторинга, а также на развитие технологий группового взаимодействия АНПА, способных выполнять координированные миссии по контролю подводной обстановки.

Перспективным направлением является формирование «рубейж» [3] — распределённых сетей подводных глайдеров, создающих зону акустического или иного обзора и контроля. Подобные решения уже реализованы в ряде национальных и международных проектов по мониторингу морских млекопитающих и оценке уровней акустического загрязнения в районах активного судоходства и добычи углеводородов [4]. При этом при выполнении таких проектов параллельно отработан трансфер технологий в решения противолодочной борьбы и противодействия средствам морской робототехники (надводным и подводным) с применением высокоавтономных подводных систем в части освещения подводной обстановки [5-7]. (Рис. 1)

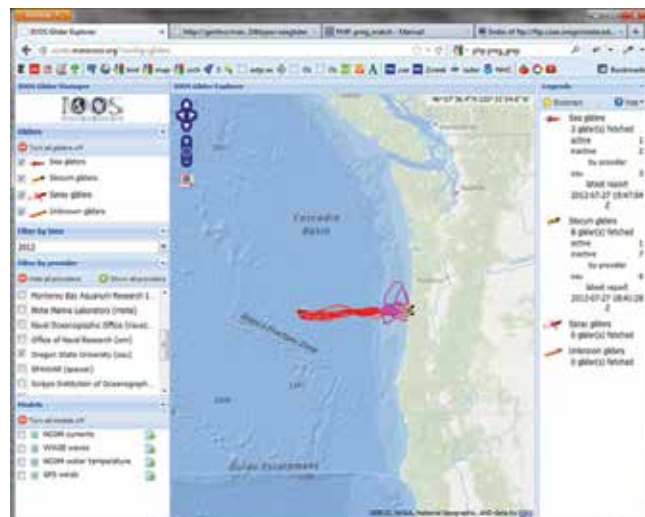


Рисунок 1. Вверху – Карта применения группы подводных глайдеров в районе побережья штата Орегон в рамках программы IOOS (на 27.07.2012 г.) в целях океанологии и пассивного акустического мониторинга.

Внизу – Карта применения групп подводных глайдеров в районе залива Monterey в рамках программы IOOS (на 05.10.2025 г.) в аналогичных целях.

Формирование рубежей из морских робототехнических комплексов обеспечивает непрерывное и надёжное многопараметрическое освещение подводной обстановки в режиме реального времени.

На основании непосредственно измеряемых гидрохимических и гидрофизических параметров (скорости звука, температуры, солёности, электропроводности, процентного содержания кислорода, pH и др.), зная положения аппаратов в толще воды и расчётную модель распространения акустических лучей в исследуемой акватории, глайдеры могут автономно определять и занимать оптимальные позиции. При этом группа аппаратов способна адаптивно перестраивать собственную конфигурацию или типы формаций для максимальной эффективности как при пассивном акустическом мониторинге, так и при би- или мультистатическом лоцировании.

Кроме того, при гидрохимическом или пассивном акустическом мониторинге, би- или мультистатическом лоцировании первичная обработка и анализ данных выполняются непосредственно на борту аппарата. Специализированные модули полезной нагрузки и вычислительные системы

глайдеров регистрируют параметры, а также выделяют аномалии в получаемых спектрах данных в трёхмерном пространстве координат. А благодаря использованию сетевых гетерогенных радио- и гидроакустических каналов связи, информация о потенциальных аномалиях может передаваться в режиме, близком к реальному времени, на береговой (судовой) пункт управления для последующего анализа и реагирования.

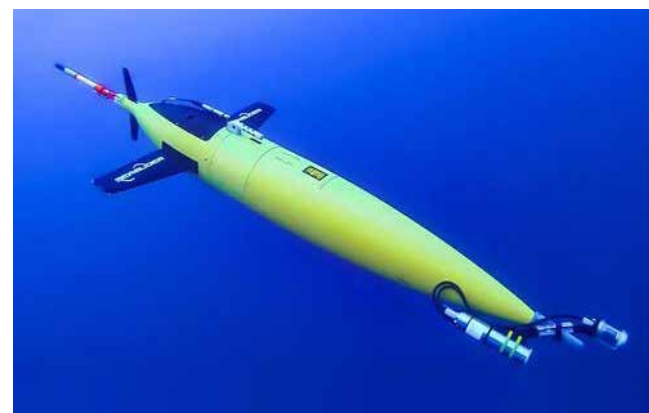


Рисунок 2. Подводные глайдеры типа Slocum, Seaglider и Petrel с различными модулями полезной нагрузки [8-10].

Так, в ноябре 2024 г. с помощью группы подводных глайдеров (проект Департамента рыболовства и океанов (DFO)) было обнаружено местоположение морских млекопитающих в бассейне Розуэй, Шотландия. Группа из двух подводных глайдеров с системами направленного пассивного акустического мониторинга на борту в режиме реального времени определила направление источника звука. (рис 3 и 4).



Рисунок 3. Подводный глайдер Slocum с установленной системой направленного пассивного акустического мониторинга [11].

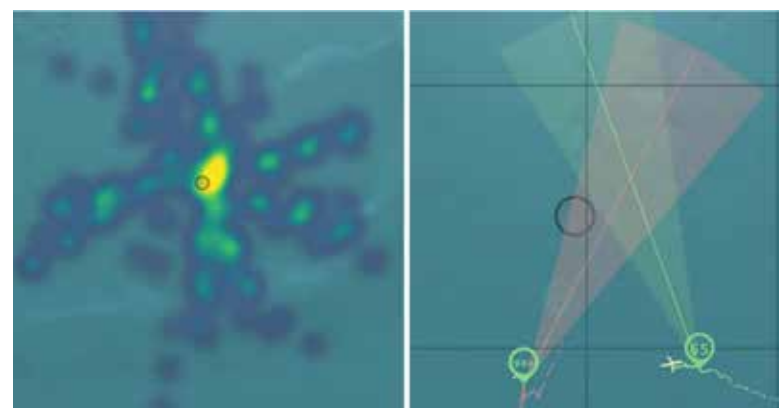


Рисунок 4. «Тепловая» карта и перекрестные метки, показывающие предполагаемое местоположение источника звука в реальном времени. Фактическое местоположение обозначено черным кружком.

Таким образом, развитие кооперативного управления группами АНПА и адаптивной организации подводных наблюдательных рубежей создаёт основу для формирования интеллектуальных распределённых систем мониторинга, способных к автономному анализу обстановки и принятию решений в условиях динамически изменяющейся подводной среды.

ПОДВОДНЫЕ РЕЗИДЕНТНЫЕ МРТК. НОВЫЙ ВИТОК МИРОВОЙ НАТУРНОЙ АПРОБАЦИИ

Последние 10 лет резидентные МРТК нашли активное практическое применение [12]. Традиционные автономные системы после выполнения миссии возвращаются на поверхность, тогда как аппараты резидентного типа постоянно присут-

ствуют в зоне эксплуатации в течении длительного периода (от 6 месяцев до 2-3 лет), выполняя непрерывный мониторинг, инспекцию и патрулирование подводных объектов и инфраструктуры, а при необходимости и оперативно вмешиваясь в эксплуатацию оборудования с использованием сменного инструмента.

Для работы такой подводной резидентной системы ключевым фактором становится станция базирования МРТК. Мировые лидеры, такие как Saipem, Oceaneering и др., идут по пути унифицированных доковых станций, включающих беспроводную индуктивную зарядку. Уже в 2019 г. построены и протестированы три доковых системы: в Швеции - АНПА Saab Seaeye Sabertooth (Saab), в Италии - подводный аппарат Hydrone-R (Saipem), в Норвегии - аппараты Freedom (Oceaneering), Stinger (Stinger Technology) и змеевидный дрон серии M (Eelum).

Компания Equinor сегодня активно интегрирует современные резидентные технологии в свои многочисленные нефтегазовые и энергетические проекты на континентальном шельфе. К примеру, резидентный МРТК Hydrone-R (Saipem) [13] провёл на месторождении Ньюрд свыше 8 месяцев, из которых 240 дней в режиме непрерывной работы, и выполнил более 280 стыковочных операций с помощью системы динамического позиционирования, более 10 автономных и привязных миссий, а также 35 операций по взаимодействию с рабочими панелями ПДК (таких как открытие и закрытие клапанов) [14]. Сейчас у берегов Норвегии работают ещё два Hydrone-R и планируется установка двух дополнительных аппаратов и около десятка находятся на рассмотрении к интеграции и разворачиванию. (рис. 5)



Рисунок 5. Подводный резидентный аппарат Hydrone-R в процессе стыковки с доковой станцией на месторождении Ньюрд.

Отметим, что Equinor использует системы удалённого контроля и управления, которые реализуют обмен необходимым потоком данных между резидентным МРТК и береговым пунктом. (рис. 6).

Такая модель демонстрирует переход к новому этапу в развитии морской робототехники, где гибридная архитектура автономного и удалённого управления объединяют преимущества автономности с оперативностью принятия решений человеком-оператором. Это открывает возможности создания устойчивых подводных сервисных се-

тей, способных круглогодично функционировать в сложных гидрологических и климатических условиях, обеспечивая безопасность и эффективность эксплуатации морской инфраструктуры.

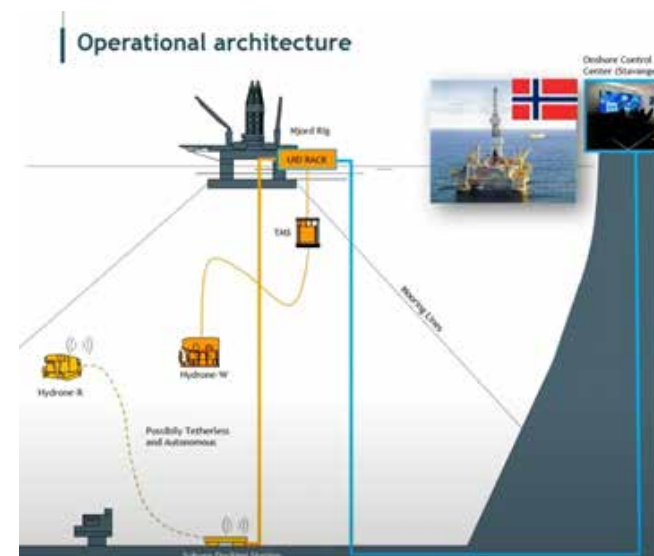


Рисунок 6. Схематичное представление архитектуры удаленного управления резидентным МРТК Hydronaut-R на месторождении Ньорд.

Высокая автономность, развитые навигационные и сенсорные системы, а также взаимодействие с другими элементами подводной сети делают резидентные АНПА центральным компонентом



Рисунок 7. АНПА ММТ-3500 с бортовым многозвенным манипулятором (слева), демонстратор технологий ЛИ-АНПА (справа) и МК АНПА «РИФ».

ФГУБН ИПМТ им. академика М.Д. АГЕЕВА ДВО РАН проработал концепт апробации резидентных технологий МРТК на базе выполненных НИР ПАО «Газпром» и собственного научно-практического задела и образцов МРТК. Хотя основу концепта составляют мониторинговые задачи, тем не менее даже под их реализацию пока присутствуют финансовые вопросы и неопределённости.

По той же причине не апробированы в морском

интеллектуальных морских робототехнических комплексов.

С досадой отметим, что российские естественные монополии участвовали на равных с мировыми лидерами морского нефтегазового и энергетического сектора в программе «RU-NO Barents project» в становлении данного направления (5-7,15), однако, ничего практически значимого, вышедшего из зачаточной-бумажной стадии, для развития данных технологий с момента определения их перспективности так и не сделали.

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОРАБОТОК

В контексте применения в России выделим арктический характер большинства морских месторождений с логистическими, погодными (подчеркнём – ледовыми) и экологическими (в свете мировой политико-экономической ситуации) особенностями, без учета которых невозможна безопасная круглогодичная экономически выгодная эксплуатация месторождений [16,17]. При этом, резидентные МРТК не являются универсальным инструментом, но фактически становятся уникальной возможностью наиболее комплексного решения.

Сегодня развитием отечественных прикладных разработок в данной области занимаются АО «НПП ПТ «Океанос», ФГБОУ ВО СПбГМТУ, АО «Концерн «НПО «Аврора» и ФГУБН ИПМТ им. академика М.Д. АГЕЕВА ДВО РАН. (рис 7).

нефтегазовом секторе научно-практические разработки АО «Концерн «НПО «Аврора» от классических АНПА мониторингового типа («РИФ») до АНПА с базовыми интервенционными функциями («РИФ-2» с отсеком бортового манипулятора) или АНПА повышенной автономности с водородной энергетикой («АНПА-ПА»).

Для объективности отметим, что апробацию тормозит не только финансирование, но и откоро-

венный бардак в нормативном поле создания и применения подводных МРТК, а также подготовки и аттестации квалифицированных кадров для их эксплуатации.

С 2010 г. АО «НПП ПТ «Океанос» детально прорабатывает комплекс технологий и конструктивных возможностей создания и применения морских резидентных систем, в которые могут входить российские гетерогенные МРТК. С 2014-2025 гг. выработана последовательная схема разработки автономных и гибридных подводных робототехнических комплексов, которые составляют цепочку экспериментальных образцов и технологий, разработанных и реализованных «в металле» АО «НПП ПТ «Океанос» самостоятельно

и в кооперации [18-22]: классический подводный планер – гибридный подводный планер – подводный автоматизированный электро-механический 5-ти степенной манипуляторный комплекс – лёгкий интервенционный АНПА – оптическая система подводной беспроводной связи – радиогидроакустическое дистанционное управление резидентными подводными объектами – групповое гетерогенное применение МРТК – создание мобильных автономных и дистанционно управляемых плавсредств (малое необитаемое судно) ретрансляции и постановки гидрографических и океанологических датчиков, буев и иного оборудования.

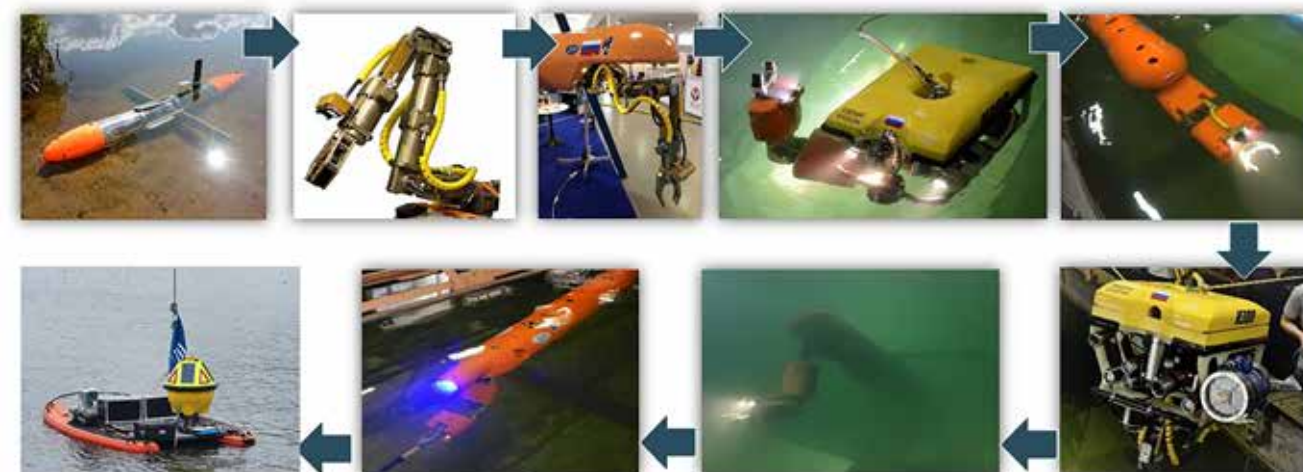


Рисунок 8. Образцы МРТК производства АО «НПП ПТ «Океанос» (в период с 2010 по 2025 гг.) в процессе апробации и опытной эксплуатации

Подводные резидентные технологии – это сложные комплексные робототехнические решения. Известно, что установка на подводные глайдеры дополнительного внешнего движителя, чтобы преодолевать области с повышенными течениями или проходить гало- или термоклины. Дополнительные двигатели для пространственной ориентации глайдеров вместе с установкой подводного манипуляторного комплекса реализуют единую резидентную платформу долгосрочного мониторинга с базированием на доковой станции. За счет принципа перемещения подводный глайдер преодолевает большие расстояния в экономичном режиме, а движительная группа обеспечивает позиционирование, линейное перемещение и стабилизацию вблизи объектов интереса (трубопроводов, рабочих панелей ПДК, точек пробоотбора и тд.). Таким образом достигается многофункциональность и универсальность прорабатываемых технологических решений. Такая технология также применима в составе универсального модуля электромагнитной, оптико-акустической связи и навигации, сопряженного с модулем океанографического оборудования и внешней коммуникации. (рис 9).

Концепт гибридного глайдера-АНПА с манипулятором представляет собой шаг к созданию гибридных многоцелевых резидентных

платформ, объединяющих преимущества глайдерной энергоэффективности и функциональности сервисных роботов (рис 10). Вместе с тем, резидентная робототехника неминуемо влечет за собой и активное развитие сопутствующих технологий, что открывает новые перспективы для устойчивого и автономного обслуживания подводных систем.

Как правило, детальная проработка и апробация подобных технологий – это долгий и итерационный процесс. До начала практического использования резидентного аппарата Hydronaut-R компания SAIPEM провела свыше 2000 ч на научно-исследовательском полигоне [23]. При том, что в основе лежат результаты исследований по автоматизации морской подводной робототехники (в т.ч. бортовых манипуляторов и группового применения), которые университет Жироны проводил последние 40 лет. (рис. 11)

При отсутствии доступного единого комплексного центра отработки технологий морской робототехники, авторы в содружестве с конструкторским коллективом АО «НПП ПТ «Океанос» разработали стенд натурной отработки технологического комплексного взаимодействия подводного манипуляторного комплекса (МК) и имитатора подводного аппарата (ИПА)[24]. ИПА перемеща-

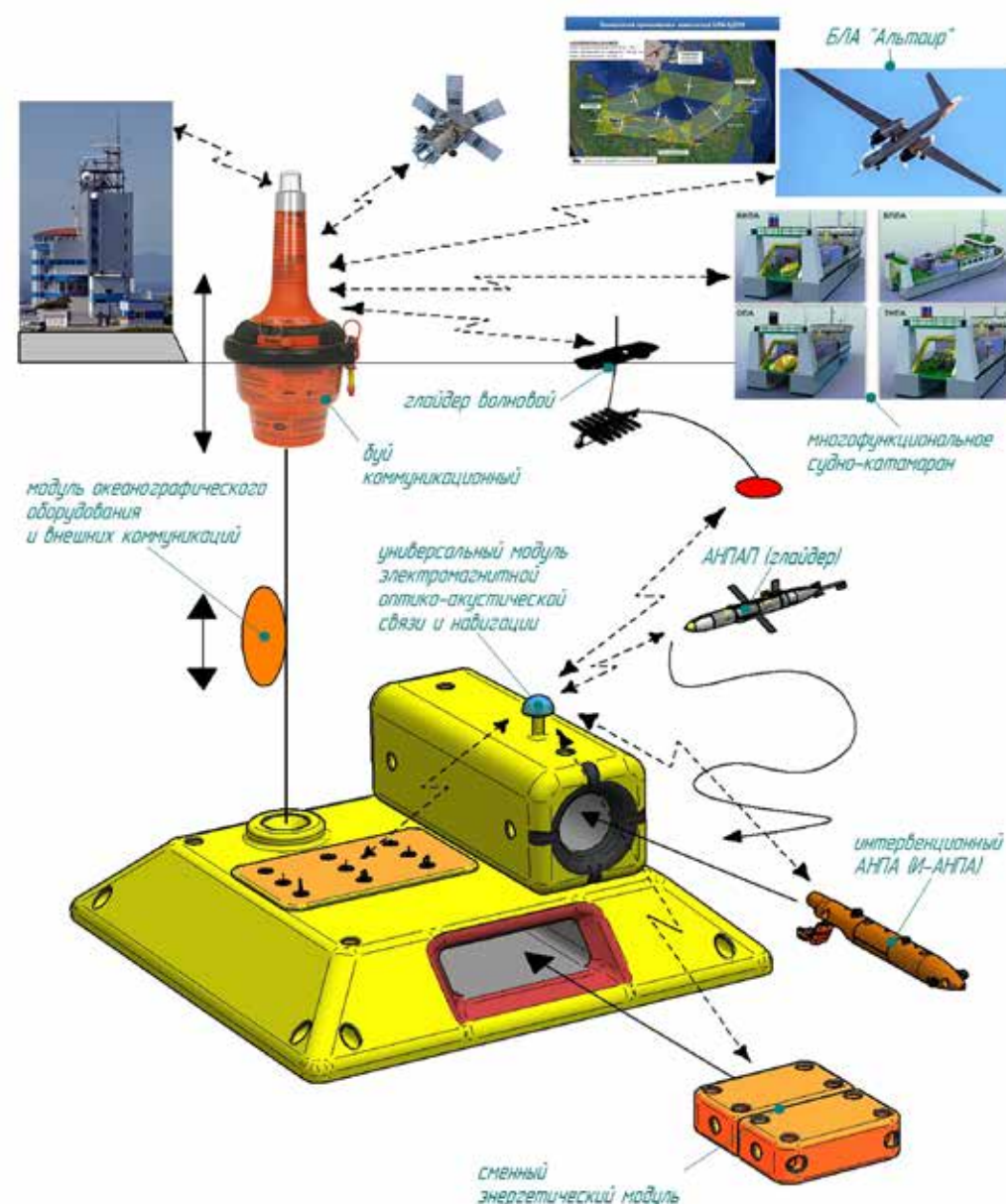


Рисунок 9. Концепт-проект донной исследовательской станции в составе гетерогенной группы МРТК.



Рисунок 10. Демонстратор технологий ЛИ АНПА в гибридном исполнении «Интервенционный подводный планер – АНПА» с крыльевым блоком «высококоплан» в процессе испытаний комбинированного режима управления АНПА и манипуляторного комплекса в испытательном гидродинамическом бассейне СПбГМТУ в 2019 г.

ется трех плоскостях, что вместе с собственными пяти степенями свободы МК имитирует пространственное перемещение реального необитаемого подводного аппарата (АНПА или ТНПА) при работе с подводными объектами, в т. ч. с учётом внешних воздействий. Разработанный стенд обеспечивает:

- автономную работу МК и ИПА с «рабочими линиями» макета панели ПДК;
- выход и удержание ИПА относительно установленных целевых точек, определенных системой технического зрения;
- интеллектуальный анализ состояния рабочих объектов макета панели ПДК и их учет в системе планирования действий.

Разработанный стенд представляет из себя быстросборную каркасную платформу размером 2346 x 1473 x 1057 мм, выполненную из алюминиевых направляющих. (Рис 12).

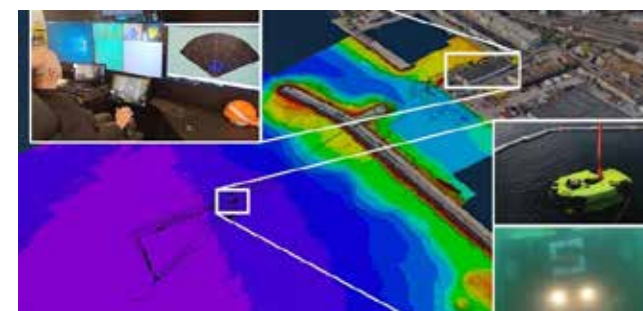


Рисунок 11. Процесс цикла предварительных испытаний резидентного аппарата Hydroner на научно-исследовательском полигоне SAIPEM.

Конструкция ИПА имеет 3 системы координат: $X_0 Y_0 Z_0$ – базовая система координат, $X_{una} Y_{una} Z_{una}$ – система координат ИПА, $X_{mk} Y_{mk} Z_{mk}$ – система координат МК, включающих в себя следующие элементы: 1 – макет панели подводного добывающего комплекса (имеет 3 «рабочих линии», обозначенных как M1, M2 и M3 и выделенных различными цветами. На рабочих линиях присутствуют органы контроля и управления макетом панели (манометр, для отслеживания изменения давления в системе и два разъема для вращательного инструмента с низким крутящим моментом и приемное устройство для штепселя); 2 – подводный электрический пяти степенной манипулятор; 3 – имитатор подводного аппарата; 4 – макетов рабочих инструментов (рабочий штепсель и враща-

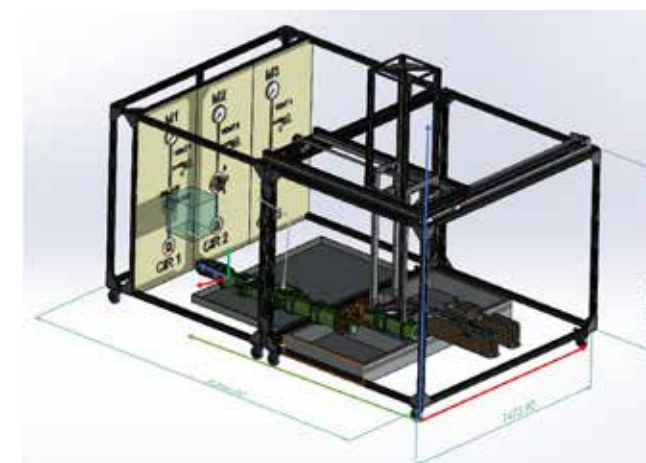


Рисунок 12. Макет выполненной рабочей панели ПДК и ИПА.

тельный инструмент с низким крутящим моментом визуально соответствующих ПНСТ 605-2022); 5 – поддона (размером 1100-650-90 мм с образцами конкреций); 6 – область «окрестности» целевой точки; 7 – поддоны для хранения собранных конкреций; 8 – целевая точка для выхода МК и ИПА.

В работе с ИПА рассматривались сценарии взаимодействия с макетом панели ПДК, пробоотбора грунта (рис 13) и определения наличия загрязнения панели (рис 14). В основе технологий обработки изображения лежит интеллектуальная система технического зрения собственной разработки [25].



Рисунок 13. Процесс детектирования и оценки состояния рабочих элементов макета панели ПДК.

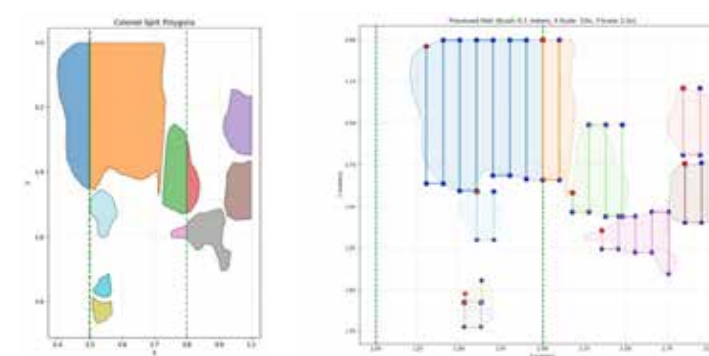
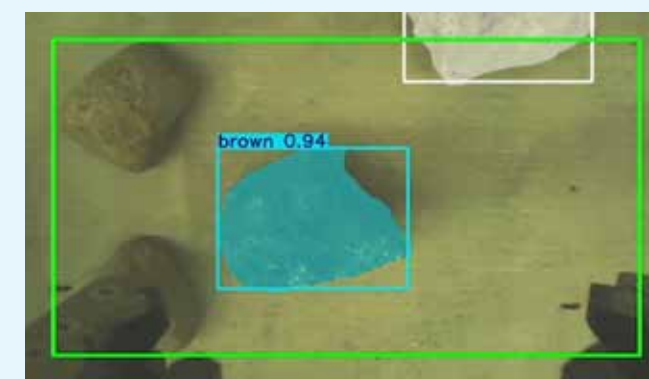


Рисунок 14. Процесс обнаружения областей загрязнения на макете панели ПДК с последующей обработкой и формированием задания по автономной очистке загрязнения.

Рассмотренные в работе направления развития автономных подводных систем подтверждают высокий потенциал применения высокоавтономных АНПА глайдерного и резидентного типа и их гибридов для мониторинга, инспекции и патрулирования подводных объектов и инфраструктуры.

Проведённые исследования и реализованные инженерные решения, при явном недостаточном финансировании, тем не менее демонстрируют высокий уровень научной новизны и технической зрелости в создании российских образцов подводных глайдеров, робототехнических манипуляторов, систем автоматизации процессов пробоотбора и интеллектуального технического зрения. Эти разработки формируют основу для построения самоорганизующихся подводных комплексов, способных функционировать в длительном автономном режиме с минимальным участием человека.

Особое значение приобретает развитие технологий группового и кооперативного управления для согласованного взаимодействия подводных аппаратов в составе распределённых сетей наблюдения и обслуживания. Дальнейшее совершенствование алгоритмов координатной, обмена данными и адаптивного перераспределения задач между глайдерами, резидентными аппаратами и вспомогательными робототехническими средствами позволит в разы повысить эффективность функционирования морских мониторинговых систем, особенно в сложных гидрологических и климатических условиях.

Полученные результаты подтверждают высокую научную и практическую значимость представленных решений и демонстрируют перспективность их применения для технологического и экологического суверенитета страны.

Комплексное внедрение интеллектуальных подводных систем в сферы патрулирования, охраны и технического обслуживания морской инфраструктуры создаёт предпосылки для перехода к новому поколению морских робототехнических комплексов, способных обеспечить непрерывное, энергоэффективное и безопасное управление подводным пространством. Однако всё это может быть реализовано только в случае инвестиций в развитие описанных технологий со стороны естественных монополий и при наличии государственных мер поддержки, причём не только разработчиков, но и в первую очередь потенциальных потребителей, так как период внедрения (освоения) данных технологий составляет от 6 до 10 лет и по финансовой ёмкости эквивалентен затратам на разработку технологий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. <https://rosnedra.gov.ru/press/nedropolzovanie-v-smi/obzor-smi-glava-rosnedr-nefti-v-rf-khvati-na-vse-vremena-pri-aktivnoy-geologorazvedke/>
2. <https://energybase.ru/pipeline/gas-pipeline>
3. Маевский А.М. Применение гетерогенной группы автономных планеров для формирования морских рубежей безопасности // Мир робототехники. — 2023. — № 2. — С. 121–125.
4. <https://www.caricoos.org/ios-gliders>
5. Baumgartner MF, Bonnell J, Corkeron PJ, Van Parijs SM, Hotchkin C, Hodges BA, Bort Thornton J, Mensi BL and Bruner SM (2020) Slocum Gliders

Provide Accurate Near Real-Time Estimates of Baleen Whale Presence From Human-Reviewed Passive Acoustic Detection Information. Front. Mar. Sci. 7:100. doi: 10.3389/fmars.2020.00100

6. Nott, Bradley J. Long-endurance maritime surveillance with ocean glider networks. Theses and Dissertations 2015-09 <http://hdl.handle.net/10945/47308>
7. Paolo Braca, Ryan Goldhahn, Gabriele Ferri, Kevin D. LePage Distributed information fusion in multistatic sensor networks for underwater surveillance Sensors Journal, 2016, Vol. 16, No. 11, pp. 4003–4014.
8. Jiang, C.; Li, J.; Xu, W. The Use of Underwater Gliders as Acoustic Sensing Platforms. Appl. Sci. 2019, 9, 4839. <https://doi.org/10.3390/app9224839>
9. https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.marinetechologynews.com%2Fnews%2Ffrontiers-ocean-gliders-624716&psig=AOvVaw3IDJ_k4pQqE7htLhgEWJaG&ust=1759874782620000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBgQjhxqFwoTCCKns9DKKJADFQAAAAAAdAAAAABAc
10. <https://www.dal.ca/news/2021/07/22/right-whales-protection-gliders.html>
11. <https://www.jasco.com/news/2024/slocum-gliders-detect-and-localize-marine-mammals-off-n-s-coast>
12. Занин В.Ю., Маевский А.М. Резидентные робототехнические системы: современное состояние и перспективы развития // Морская наука и техника. — 2024. — Спец. выпуск № 17. — С. 104–108.
13. <https://jpt.spe.org/why-always-available-underwater-drones-could-transform-subsea-operations-restricted>
14. <https://jpt.spe.org/connected-deep-infrastructure-innovations-driving-subsea-autonomy-and-accuracy-restricted>
15. Russian – Norwegian Oil & Gas industry cooperation in the High North Pipelines and Subsea Installations 6th of June 2014
16. Занин В.Ю., Маевский А.М. и др. Разработка элементов подводных робототехнических резидентных систем на примере отечественного автономного необитаемого подводного аппарата интервенционного класса и сопутствующих технологий // Сб. работ лауреатов Междунар. конкурса науч., науч.-техн. и иннов. разработок, направленных на развитие и освоение Арктики и континентального шельфа 2020 года. — М.: Минэнерго России, ООО «Технодевелоп», 2019. — С. 13–22.
17. Волошин С.Б., Занин В.Ю., Маевский А.М. и др. Аспекты применения гетерогенных групп робототехнических комплексов повышенной автономности, в том числе из состава обсерваторий, с целью получения океанографических данных и их дальнейшего использования для освоения Арктической зоны // Сб. работ лауреатов Междунар. конкурса науч., науч.-техн. и иннов. разработок, направленных на развитие и освоение Арктики и континентального шельфа 2020 года. — М.: Минэнерго России, ООО «Технодевелоп», 2020. — С. 62–77.
18. Маевский А.М., Занин В.Ю., Турсенев С.А., Иванова И.Н., Будников А.А., Лозачев В.Н. Опыт прикладной верификации технологий оперативной океанологии на базе отечественных МРТС и МРТК глайдерного типа // [Материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции], Таганрог 2024; С. 142–153.
19. Маевский А.М. Разработка морских робототехнических комплексов с перспективой применения в качестве резидентной робототехники, на примере проектной работы по разработке линейки АНПА «Глайдер-Гибридный глайдер-I-AUV» // Комплексные исследования Мирового океана: материалы IV Всерос. науч. конф. молодых ученых, г. Севастополь, 22–26 апр. 2019 г. — Севастополь: ФГБУН МГИ, 2019.
20. Маевский А.М., Занин В.Ю. Резидентная робототехника как эффективный инструмент обеспечения подводной газо- и нефтедобычи // Нефтегаз. — 2021
21. А.М. Маевский, Б.А. Гайкович Разработка легкого интервенционного автономного необитаемого подводного аппарата в целях использования в подводных резидентных системах // Перспективные системы и задачи управления: материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. и X молодеж. школы-семинара «Управление и обработка информации в технических системах». — Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во Юж. федер. ун-та, 2019. — С.91 – 105.
22. Маевский А.М., Занин В.Ю. Разработка модульно-унифицированных систем управления манипуляторными комплексами и автономными необитаемыми подводными аппаратами интервенционного класса для решения задач автоматического пробоотбора грунта // Вести газовой науки. — 2023. — № 3 (55). — С. 148–158
23. <https://www.fhu.no/nyheter/hydrone-drones-deployment-on-njord-a/>
24. Разработка роботизированного имитатора подводного аппарата для исследования способов автономного взаимодействия резидентных АНПА с объектами подводной инфраструктуры / А. М. Маевский, И. А. Печайко, М. А. Алексеев, Н. М. Буров // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2025. — № 2(244). — С. 83–96. — DOI 10.18522/2311-3103-2025-2-83-96
25. Маевский А.М., Занин В.Ю. Развитие отечественных подходов к созданию искусственного интеллекта как базовых технологий бортовых систем управления морскими робототехническими комплексами резидентного типа // Морские информационно-управляющие системы. — 2024. — № 1(25). — С. 48–59.



СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОАКУСТИКИ — СРАВНЕНИЕ ДОСТИЖЕНИЙ, ТЕНДЕНЦИИ И ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

(СЕРИЯ СТАТЕЙ РАСКРЫВАЮЩИХ ТЕМУ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ)

Линчик Николай Тамазович - заместитель генерального директора ООО «Экран»

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. АКТУАЛЬНОСТЬ.

Российская Федерация, обладая самой большой в мире протяженностью морских границ (около 39 тыс. км) и значительными энергоресурсными запасами на морском шельфе (около 85 трлн. м³ газа и 17 млрд. т. нефти), сталкивается с принципиально новыми вызовами в области обеспечения безопасности морской инфраструктуры.

Подводная и надводная инфраструктура играет ключевую роль в обеспечении экономической стабильности, национальной безопасности и энергетической независимости государства. К ней относятся:

- Морские трубопроводы (например, «Северный поток», «Турецкий поток»).
- Подводные кабели связи (интернет-магистраль, включая трансконтинентальные линии).
- Портовые сооружения, нефтегазовые платформы, судоходные пути, различные гидросооружения.
- Критическая военная инфраструктура.

В последние годы участились случаи диверсий, кибератак, несанкционированного вмешательства в работу морских объектов. Одновременно растет зависимость мировой экономики от подводной инфраструктуры, что делает ее привлекательной целью для террористических групп, враждебных государств и киберпреступников.

События последних лет обнажили критическую уязвимость российской морской инфраструктуры перед новыми угрозами. Наиболее яркие из инцидентов:

- подрыв «Северного потока» в сентябре 2022 года — крупнейший акт саботажа подводных объектов в истории с ущербом минимум \$500 млн — стал возможен из-за полного отсутствия систем гидроакустического мониторинга на глубинах 70–80 метров.
- Крымский мост неоднократно атакован с воды, несмотря на многоуровневую защиту
- надводные роботизированные системы нанесли несопоставимый ущерб флоту в Черном море и в принципе поменяли парадигму ведения боевых действий.

Несмотря на то, что на современном этапе развития российской гидроакустики имеются существенные достижения в фундаментальных НЧ, ВЧ системах и интеграционных подходах, сохраняется ряд критически важных технологических пробелов

по сравнению с зарубежными решениями, что препятствует достижению полного технологического суверенитета.

НЕДОСТАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ – НЕОБХОДИМОСТЬ ДОГОНЯТЬ

1. Компактные перспективные системы низкочастотного активного обнаружения (SURTASS LFA, HMS):

- В ВМС США и НАТО развёрнуты широкополосные буксируемые и интегрированные НЧ активные массивы (SURTASS, LFA, L3Harris Model 997), обеспечивающие дальнейшее обнаружение на десятки-сотни километров, с масштабируемой архитектурой, эффективным шумоподавлением, передачей данных в реальном времени.[1] [2] [3] [4]
- В России ограниченно реализованы такие «стандартные» буксируемые низкочастотные комплексы с активной фазированной сеткой, интеграцией с цифровыми системами управления и распределённой обработкой.

2. Глубоководные и сверхглубоководные параметрические донные профилографы:

- Европейские компании (Innomar, iXblue Echoes) достигли проникновения до 250 м в морское дно при глубинах работы 6–11 км и разрешении ~20 см при полном цифровом формате обработки, с адаптацией для нефтегазовой разведки и защиты инфраструктуры.[5] [6]
- Российские решения ограничены проникновением 30–50 м, и не охватывают сверхглубоководные сценарии и плотную интеграцию с SBP-обработкой (метод обработки данных, который позволяет адаптивно подавлять сильные помехи и шумы, выделяя полезный слабый сигнал) для комплексной безопасности.

3. Масштабируемые распределённые гидроакустические сенсорные сети (DASN - Distributed Acoustic Sensor Networks):

- В США, ЕС и Японии введены в строй системы на базе Distributed Acoustic Sensing (DAS), использующие волоконно-оптические кабели для мониторинга вибраций на сотни километров, автоматическую классификацию судов, аномалий, угроз с привязкой к AIS (Automatic Identification System - Автоматическая Идентификация Систем)

НЕДОСТАТОК	МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ	ПОЗИЦИЯ РОССИИ
Потеря разрешения по дальности в плане под собой	Гидролокатор зоны под собой (ГЗП)	Выход в серию в 2025-2026 гг.
Потеря разрешения вдоль линии движения по мере роста дальности	Гидролокаторы с синтезом апертуры	Проведены начальные эксперименты
Ограниченная скорость движения носителя	Режим мультипинг	Стадия изысканий
Опознавание происходит за счет опыта оператора	Искусственный интеллект	Первые версии ПО анонсированы в 2024 году

Недостатки ГБО как систем поиска

фикационная Система) и интеллектуальными методами локализации событий.[7] [8]

- В России отсутствуют масштабные внедрения DASN на коммерческих и государственных морских сетях, нет гибких технологий интеграции с инфраструктурными объектами.

4. AI/ML-классификация гидроакустических аномалий, автоматическая идентификация целей на основе нейросетей:

- Европейские (Helsing, OKI) и японские компании применяют глубокое обучение для автоматической классификации судов, подводных аппаратов, биоты и событий с точностью >90% даже в шумных акваториях, интегрируя нейросетевые методы непосредственно в сенсорные платформы.[9] [10]
- Российские решения ограничены традиционными алгоритмами и нуждаются в масштабном развитии специализированного ПО для интеллектуальной фильтрации угроз. Единственная нейросеть, показавшая конкурентные результаты в своей нише создана частной компанией и пока широко не применяется.

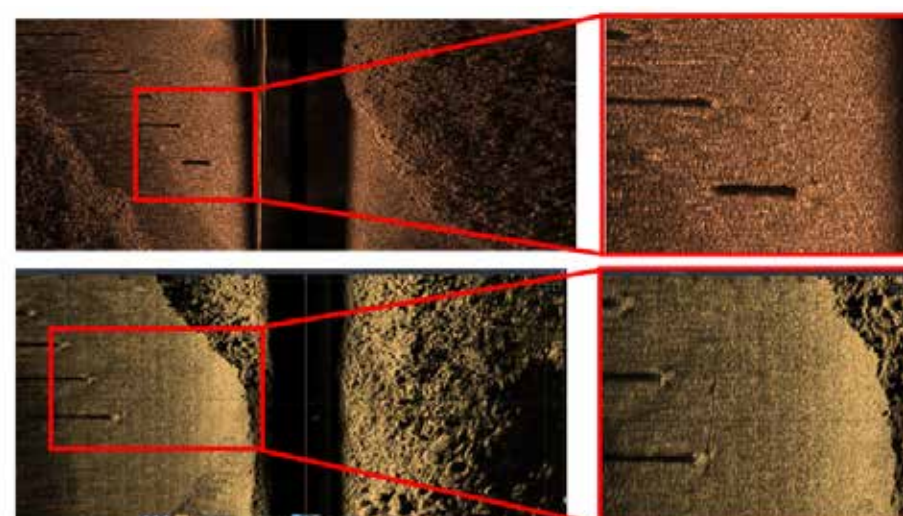
5. Массовые автономные гидроакустические платформы и мультистатические сети:

- NATO реализует deployable underwater surveillance systems - DUSS (мобильные и быстроразвертываемые системы для мониторинга подводной обстановки), сетки мультистатических автономных станций с передачей и обработкой данных в реальном времени, обеспечивающих оперативное перекрытие крупных зон для военных и коммерческих задач.[11]
- В России средства мультистатического мониторинга находятся в стадии пилотных НИОКР и не масштабированы до уровня флота или критически важной инфраструктуры.

6. Квантовые гидроакустические сенсоры, технологии сверхчувствительного обнаружения:

- Ведущая разработка в США, ЕС и Азии — системы квантового акустического зондирования для сверхдальних и малошумных объектов (подлодки, дроны, новые типы аномалий), с чувствительностью на порядок выше классических гидрофонов — пока на стадии R&D. [12] [13]

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ГАС.



EdgeTech 4200

Гидра ТМ модель H5s7

Съемки сделаны двумя ГБО: Гидра™ модель H5s7 и EdgeTech 4200

- Российская наука пока не внедряет подобные квантовые технологии в специализированные морские защищенные комплексы.

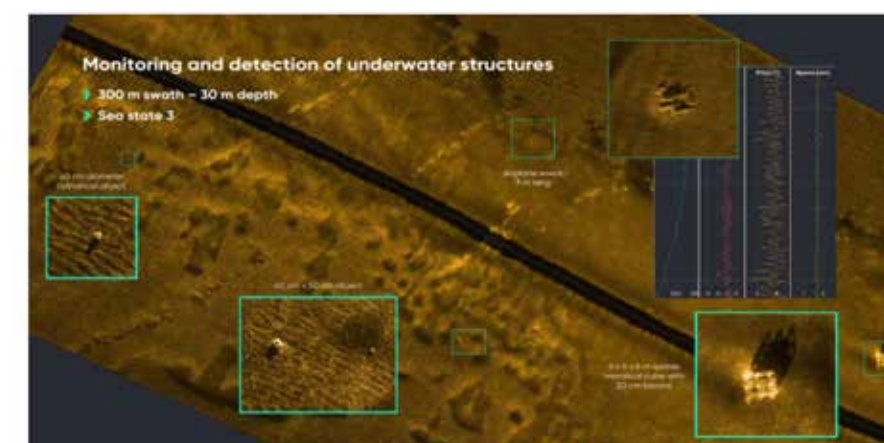
7. Сверхдальние и помехоустойчивые акустические модемы (DSP - Digital Signal Processing (цифровая обработка сигнала), DSSS - Direct-Sequence Spread Spectrum (системы с расширенным спектром), OFDM - Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (мультиплексирование с ортогональным частотным разделением)):

- Ультрадальние американские и европейские модемы (L3Harris, WaterLinked) обеспечивают цифровую связь и передачу голоса на дистанциях до 45 км и глубинах 11 км с диапазоном скоростей динамических платформ, используя распространенные сетевые протоколы, многоканальное корректирование ошибок и поддержку стандарта STANAG.[14] [15]

- Российские цифровые модемы уступают по дальности, надежности пакетной передачи, особенно для мобильных/многоузловых сценариев.

8. Синтетическая апертура и адаптивная мультичастотная обработка данных (SAS/MBES):

- Зарубежные автономные платформы (AUVs/USVs) оснащают высокомошными боковыми лоаторы с синтетической апертурой — для детальных мультичастотных картографических, поисковых, антитеррористических сценариев. [6]
- Отечественные наработки систем SAS и MBES требуют полноценного завершения НИОКРов и запуска производства готовой к применению продукции, а также импортозамещения специализированной ЭКБ (элементной компонентной базы) и применения новых алгоритмических решений.



Возможности ГАС с синтезом апертуры SAMS-150

КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ СУВЕРЕНИТЕТА, ИЛИ ЧТО ДЕЛАТЬ

Проведенный анализ (не может быть приведен в данной статье в полном объеме, ввиду большого количества материалов) показывает наличие значительного научно-технического потенциала российских гидроакустических технологий, но также выявляет критические пробелы, препятствующие созданию эффективной системы защиты морской инфраструктуры.

Представим ряд приоритетных задач НИОКР на ближайшие годы, основываясь на анализе материалов мировых достижений рассматриваемой темы.

- Импортозамещение критических компонентов:
 - Цель: локализация >80% компонентов;
 - Критерии успеха: снижение стоимости на 30%;
- Интеллектуализация обработки данных (2025-2028);
 - Цель: точность классификации >95%;
 - Технологии: компьютерное зрение, машинное обучение;
 - Критерии: снижение ложных тревог в 10 раз.
- Повышение энергоэффективности (2024-2026):
 - Цель: снижение энергопотребления в 5 раз;
 - Критерии: автономность >30 суток.

Очевидными становятся и приоритеты по критически важным технологиям:

- Масштабируемые активные буксируемые и фазированные НЧ комплексы:
 - Миниатюризация модулей, интеграция активного шумоподавления;
 - Разработка ЭКБ и сложной цифровой обработки (SDR, FPGA).
- Мультистатические и mesh-сетевые решения:
 - Протоколы динамического объединения в сеть;
 - Автоматизация обработки тревог и объединение с физико-химическими сенсорами;
- Отечественная платформа DAS: от оптики до AI
 - Российские interrogator-системы, алгоритмы сверхдлинного мониторинга;
 - ПО для DAS, адаптированное к трубопроводно-кабельной инфраструктуре.
- Системы с технологией синтеза апертур:
 - Ориентация на нефтегаз, сети безопасности, разведку;
 - Полная цифровая обработка, отечественная элементная база.



ПУТЬ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ПОД ВОДОЙ – ТРИ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ

5. Квантовые и многокомпонентные гидроакустические сенсоры:

- НИОКР-проекты по внедрению отечественных квантовых систем;
- Кооперация с национальными центрами по квантовым технологиям.

6. AI/ML-ядро для комплексных систем обнаружения:

- Создание российских датасетов, edge-AI архитектур;
- Унификация алгоритмов для комплексной классификации угроз.

7. Высоконадежные цифровые модемы (OFDM, mesh):

- Масштабирование связи до 45 км, снижение ошибок передачи;
- Сертификация для стратегических задач.

Вспомогательные направления:

- Разработка комплексных решений с интеграцией подводных физических, химических и гидроакустических сенсоров.
- Поддержка архитектуры ПО для быстрых обновлений.
- Стандартизация интерфейсов обмена, форматов данных и процедур сертификации.

Необходимые действия для достижения технологического паритета в данной области:

1. Создание отраслевого консорциума для координации НИОКР и интеграции усилий различных предприятий и институтов.
2. Развитие кадрового потенциала через целевую подготовку специалистов и создание центров компетенций.
3. Приоритетное развитие AI/ML-технологий, DAS-систем и квантовых сенсоров как прорывных направлений.
4. Создание единой государственной системы освещения надводной и подводной обстановки.
5. Международное сотрудничество с дружественными странами для ускорения технологического развития.

Технологический суверенитет невозможен без целенаправленного развития отечественных систем по критическим направлениям, масштабной программы импортозамещения и системного государственного сопровождения на всех этапах от НИОКР до промышленного внедрения. Частные компании эту комплексную задачу не решат – нет ресурсов, не хватает специалистов, нет опыта масштабного планирования и решения сложных, как на тактическом, так и на стратегическом уровнях, задач. Открытость, модульность, интеграция новых сенсорных и цифровых решений, развитие отечественного AI/ML — основа конкурентоспособности российских гидроакустических комплексов будущего.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. https://www.nepa.navy.mil/Portals/20/Documents/surtass-lfa/2018/02/LFA_Final_Comp_Rpt_2016.pdf
2. <https://www.jhuapl.edu/Content/techdigest/pdf/V13-N01/13-01-Tyler.pdf>
3. https://www.nepa.navy.mil/Portals/20/Volume_1_Surveillance_Towed_Array_Sensor_System_Training_and_Testing_Draft_Supplemental_EIS-OEIS_1.pdf
4. <https://www.l3harris.com/all-capabilities/model-997-hull-mounted-sonar>
5. <https://www.innomar.com/products/high-power>
6. <https://www.exail.com/news/echoes-product-line-technological-advances-offering-new-levels-data-quality-sub-bottom>
7. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141118725000100>
8. <https://arxiv.org/html/2509.11614v1>
9. <https://www.ship-technolog y.com/news/oki-ai-ship-classification-underwater-sounds/>
10. <https://www.resiliencemedia.co/p/helsing-unveils-ai-powered-acoustic>
11. <https://apps.dtic.mil/sti/trecms/pdf/AD1113097.pdf>
12. <https://idstch.com/military/navy/revolutionizing-underwater-exploration-quantum-sensing-for-advance d-marine-seismic-acoustic-technology/>
13. <https://quantum-systems.com/wasp-weles-acoustic-sensor-payload/>
14. <https://www.l3harris.com/all-capabilities/acoustic-general-purpose-modem>
15. <https://waterlinked.com/modem>
16. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7412097/>
17. <https://patents.google.com/patent/US20120113757A1/en>
18. <https://www.oceansciencetechnolog y.com/suppliers/hydrophones/>
19. <https://www.defenseadvancement.com/feature/measuring-underwater-acoustic-signatures-of-nato-na>



МЕТОД ТОМОГРАФИИ МАГНИТНЫХ ГРАДИЕНТОВ

ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЦЕЛОСТНОСТИ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Воейков Денис Романович

Генеральный директор ООО «АКОРД-Технолоджи»
denis.voeikov@acord-technology.com

Колесников Игорь Сергеевич

Технический консультант, автор изобретения
igor@igsat.com

Концов Роман Валерьевич

к.т.н., Инженер-конструктор ООО «АКОРД-Технолоджи», info@acord-technology.com

Пивоваров Михаил Михайлович

редактор ООО «АКОРД-Технолоджи»
pivovarov.mm@yandex.ru

Согласно требованиям отечественной нормативной базы, основным методом технического диагностирования морских подводных трубопроводов (далее – МПТ) является внутритрубная дефектоскопия (далее – ВТД). Это накладывает определенные ограничения на операторов трубопроводов из-за сложности и трудоемкости такого вида работ, кроме того, проведение ВТД имеет риски застревания инспекционных снарядов, что влечет за собой дополнительные сложности и последствия. Необходимость следовать регламентам нормативной базы в условиях действующих ограничений делает экономическую эффективность такой диагностики МПТ крайне низкой.

В данных условиях операторы трубопроводов ищут и исследуют возможности различных альтернативных средств диагностики, которые не только бы позволили проводить обследования удобнее и экономичнее, но и смогли бы охватить те трубопроводы, которые не подлежат ВТД из-за конструктивных особенностей, таких как отсутствие камер пуска-приема.

Кроме того, применение стандартных (классических) диагностических средств и методов часто

является недостаточным для обеспечения целостности и безопасной эксплуатации МПТ, поскольку такие средства направлены только на выявление и определение размеров дефектов. Но дефекты не всегда являются качественным показателем целостности и безопасности трубопровода.

Отечественные нормативные требования, равно как и зарубежные, учитывают необходимость контроля напряженно-деформированного состояния (НДС) трубопровода для проведения комплексной диагностики, однако почти не регламентируют способы и технологии проведения оценки НДС.

Учитывая накопленный опыт и мировую практику, можно утверждать, что часто дефекты не являются источником реальной опасности, и что не все идентичные дефекты одинаково опасны. Схожие дефекты будут представлять разную опасность, если подвержены разному уровню внешних нагрузок. В то же время, дефекты малого размера (допустимые), могут быть намного более опасными, чем критические недопустимые дефекты, если первые находятся на участках повышенных нагрузок и деформаций (Рис. 1).

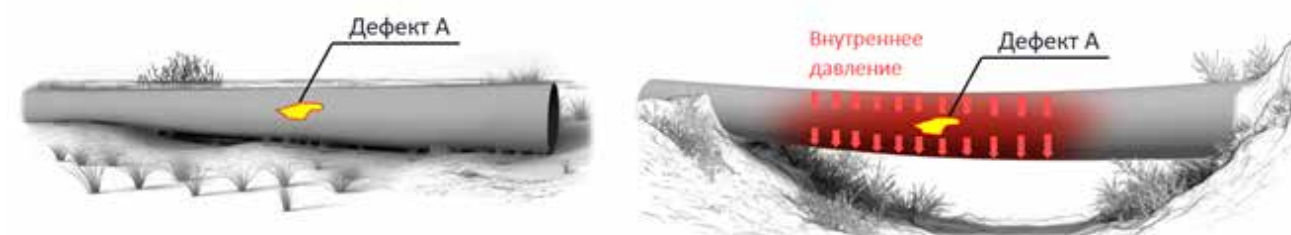


Рис. 1 Дефекты под разными нагрузками

Зная это, необходимо проводить оценку уровня и распределения действующих механических напряжений при техническом диагностировании трубопроводов, особенно в местах провисов, изгибов, на участках нестабильных грунтов, подвер-

женных сейсмическим, тектоническим и оползневым процессам, в условиях сильных донных течений и т. д.

Для этих целей во многих странах активно применяется Метод Томографии Магнитных Градиен-

тов (далее – МТМ-Г) – технология бесконтактной магнитометрической диагностики ферромагнитных трубопроводов, направленная на корректную оценку их целостности с точки зрения действующих механических напряжений в условиях рабочих нагрузок.

МТМ-Г запатентован в РФ и за рубежом, а для работы по нему ООО «АКОРД-Технолоджи» были разработаны магнитометры «КОРД», прошедшие сертификацию в РФ и внесенные в государственный реестр средств измерений.

МТМ-Г и магнитометры «КОРД» успешно зарекомендовали себя как надежное средство для

диагностики как сухопутных трубопроводов, не подлежащих ВТД (unpiggable) и тех, где применение стандартных средств диагностики нецелесообразно и затруднено (difficult to inspect pipelines), так и МПТ любого назначения, диаметра и длины.

Выполненные для более, чем 10 компаний-операторов работы по комплексной оценке целостности трубопроводов (health and integrity assessment) на различных глубинах в морях, проливах, заливах, а также в особо сложных условиях прибрежного мелководья (Аравийское море) и на суше, а также результаты проводимых верификаций и проведенных ремонтов только подтверждают эффективность такой диагностики (Рис. 2).

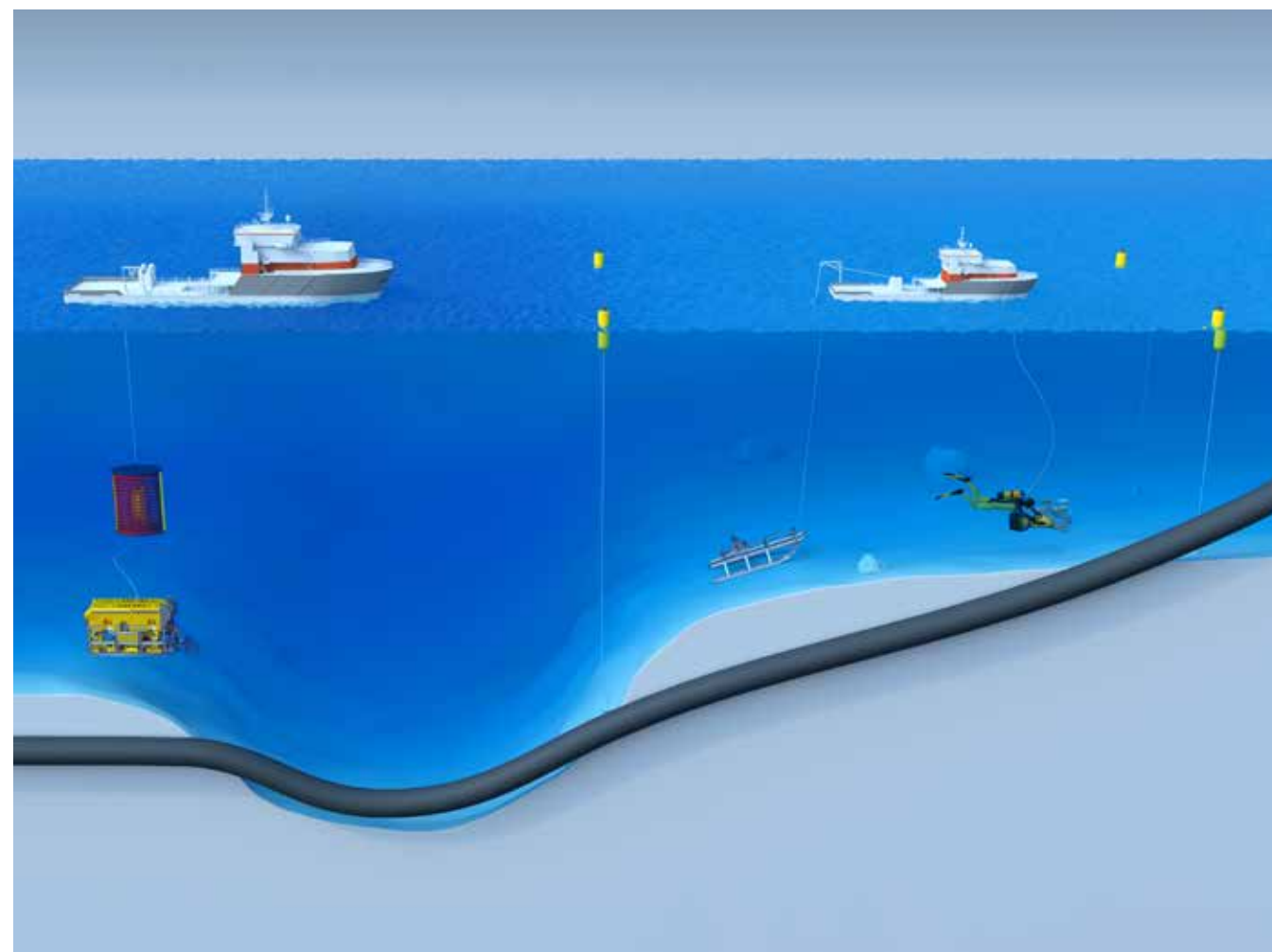


Рис. 2 Применение МТМ-Г на различных глубинах

Подход МТМ-Г к оценке целостности трубопроводов отличается от классического понимания. МТМ-Г не направлен на выявление дефектов и определение их размеров как таковых. В ходе магнитометрического обследования регистрируются изменения в магнитном поле трубопровода (аномалии), вызванные изменением механических напряжений. Такие изменения могут быть обусловлены либо наличием дефектов, либо напряженно-деформированным состоянием или же совокупностью этих факторов (Рис. 3).

Каждая выявленная аномалия оценивается по уровню отклонения от зафиксированных во время обследования фоновых значений магнитного поля, что позволяет определить величину изменения механических напряжений и провести оценку опасности такой аномалии с точки зрения действующих нагрузок. Экспериментально установлено, что чувствительность магнитометров «КОРД» позволяет зафиксировать магнитную аномалию при отклонении механических напряжений от фона более, чем на 0.5% предела текучести

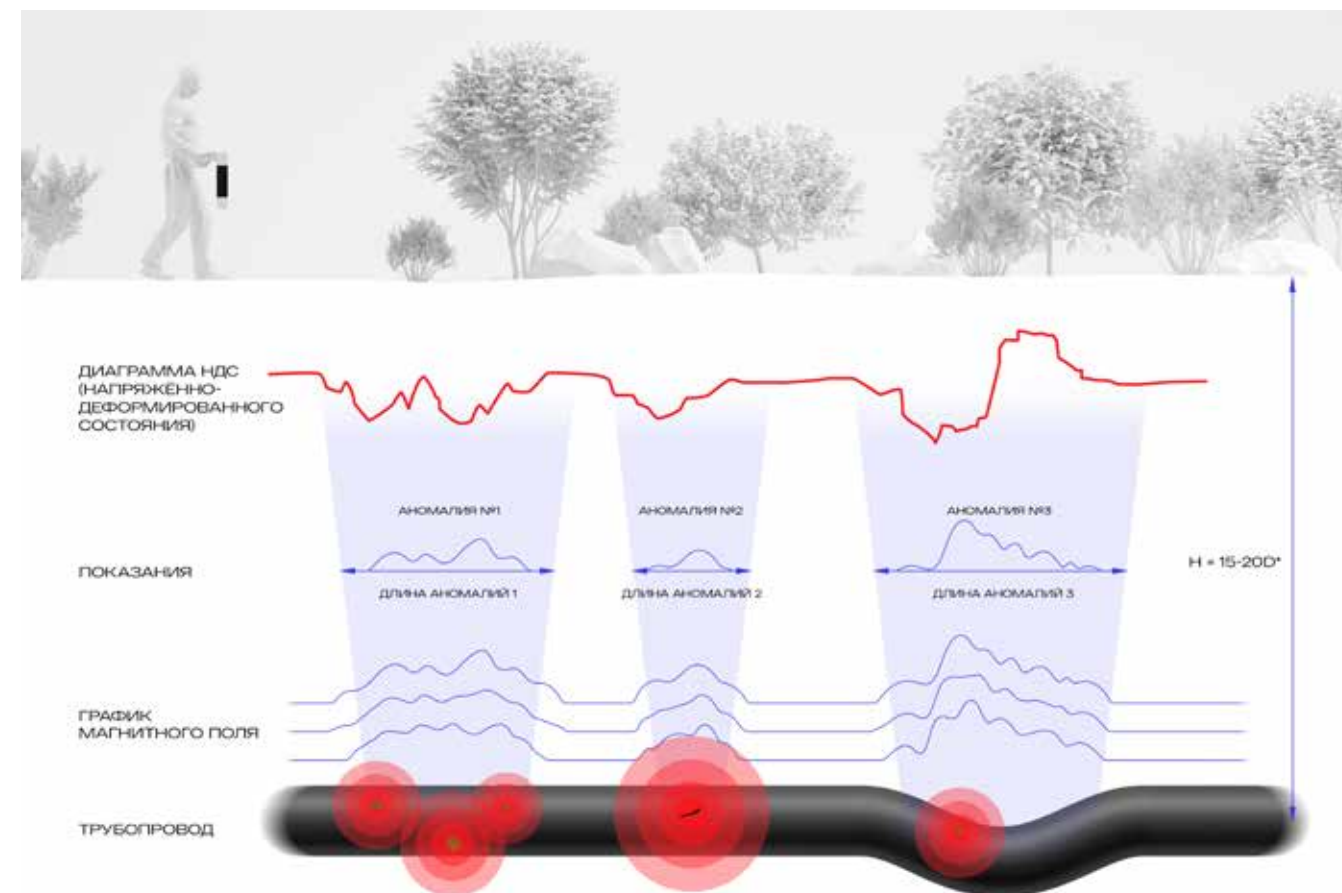


Рис. 3 Принцип работы МТМ-Г



Рис. 4 ТНПА с магнитометром КОРД

[G0.2] и сохранять доверительный уровень 95% на всем диапазоне напряжений и упругой зоне.

Для МТМ-Г обследования магнитометры «КОРД» разработаны в нескольких вариантах исполнения – глубоководное, мелководное, сухопутное.

Для диагностики МПТ на глубинах от 15 до 3000 м магнитометр устанавливается на ТНПА тяжелого класса, способный обеспечить непрерывное равномерное движение по оси трубопровода, в том числе заглубленного под грунт. МТМ-Г не имеет ограничений по условиям пролегания трубопровода, потому обследование может выполняться по всей его длине от райзера до PLEM, PLET или приемной станции на берегу со скоростью до 20 км в сутки. С 2020 года проведены инспекции более 60 трубопроводов общей длиной более 1000 км в акваториях Аравийского, Средиземного, Красного морей и Персидского залива (Рис. 4).

В условиях мелководья, где применение ТНПА невозможно МТМ-Г обследование проводится с применением подводного буксируемого средства и/или водолазов со скоростью обследования до 10 км в сутки. Компанией уже были выполнены работы по сплошному бесконтактному МТМ-Г обследованию МПТ на прибрежных участках Суэцкого залива и Аравийского моря в объеме более 200 км (Рис. 5, 6). Заказчиками-операторами проведены верификационные шурфовки на суше и в зонах отливных-приливных сил, а также ремонтные работы на выявленных наиболее опасных аномалиях.

РАЗВИТИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА

Шепелев Алексей Андреевич, заместитель начальника отдела инженерных изысканий АО «МАГЭ», alexsey.shepelev@mage.ru

Казанин Алексей Геннадьевич, канд. техн. наук, д-р экон. наук, генеральный директор АО «МАГЭ», info@mage.ru

Базилевич Сергей Олегович, начальник отдела морской сейсморазведки АО «МАГЭ», sergey.bazilevich@mage.ru

Жилин Федор Евгеньевич, заместитель генерального директора АО «МАГЭ», jilin.fe@mage.ru

Аннотация:

В статье рассматриваются два ключевых направления повышения эффективности освоения углеводородного потенциала континентального шельфа России: применение беспилотных надводных мобильных комплексов (БНМК) и внедрение сейсморазведочного мониторинга (4D) с использованием донных станций. Представлен опыт разработки и испытаний отечественного БНМК «Калан», а также результаты применения донных сейсмических систем «Краб» для мониторинга разработки месторождений. Показано, что сочетание этих технологий позволяет существенно снизить затраты, повысить безопасность и оперативность работ, а также обеспечить технологический суверенитет в условиях импортозамещения.

Ключевые слова: континентальный шельф, импортозамещение, беспилотные технологии, БНМК «Калан», сейсморазведка 4D, донные станции «Краб», мониторинг разработки, экологическая безопасность, эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Освоение месторождений континентального шельфа, особенно в арктических морях и на шельфе о. Сахалин, сопряжено с комплексом технологических и экономических вызовов. Санкционное давление и ограничение доступа к зарубежным технологиям обострили необходимость разработки и внедрения конкурентоспособных отечественных решений. Двумя наиболее перспективными ответами на эти вызовы являются развитие беспилотных систем для полевых работ и внедрение высокоточного сейсморазведочного мониторинга для управления добычей [1,2].

БЕСПИЛОТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: МОБИЛЬНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Одним из прорывных отечественных проектов в области морских геологоразведочных работ является беспилотный надводный мобильный комплекс (БНМК) «Калан», разработанный АО «МАГЭ». Аппарат представляет собой катамаран, способный работать в сложных погодных условиях, включая арктические регионы.

Технические характеристики БНМК «Калан»:

- **Габариты:** 400 × 225 × 75 см
- **Вес:** 193 кг (с АКБ)
- **Двигатели:** 4 × 1,7 кВт
- **Скорость:** крейсерская — 12 км/ч, макс. — 18 км/ч
- **Рабочая температура:** от -10°C до +40°C
- **Навигация:** GPS/GLONASS

Комплекс оснащен системой гидроакустического позиционирования, что позволяет точно опре-

делять местоположение донного оборудования. Функционал включает запуск в заданную точку, непрерывное позиционирование, сбор данных сенсорами и передачу информации в режиме, близком к реальному времени.



БНМК «Калан»

Ключевые преимущества БНМК:

1. **Снижение затрат:** Минимизируется потребность в дорогостоящих судах поддержки и крупных экипажах.
2. **Повышение безопасности:** Дистанционное управление исключает риски для персонала.
3. **Адаптивность:** Модульная конструкция позволяет гибко настраивать аппарат под конкретные задачи.
4. **Экологичность:** Снижение уровня шума и минимизация воздействия на морские экосистемы.



Рис. 5 Обследование мелководного участка МПТ

Результаты обследования сухопутных трубопроводов как в РФ, так и за рубежом, регулярно подтверждаются путем шурфования аномалий различной степени опасности. Корректное ранжирование выявленных аномалий с подтвержденной вероятностью идентификации (POI) не ниже 95% и рассчитанные параметры безопасной эксплуатации (безопасное рабочее давление Рбез, Коэффициент Безопасного Давления ERF/КБД) позволяют операторам планировать дальнейшее техническое обслуживание, мониторинг и ремонты.

В последние годы отмечается повышение интереса к бесконтактной магнитометрической диагностике и у компаний-операторов в России, в первую очередь с целью применения на трубопроводах, не подлежащих ВТД. Одной из причин этого являются подтвержденные случаи отказов/разрывов трубопроводов в результате деформаций из-за воздействия пучинистых грунтов в районах Крайнего Севера и в сложных горно-геологических условиях на участках, подверженных оползневым процессам. Предотвращение аварий трубопроводов – главная цель применения МТМ-Г – надежного средства для превентивной диагностики и оценки целостности трубопроводов.



Рис. 6 Обследование прибрежного участка МПТ

БНМК «Калан» — Пингеровщик

Антенна-излучатель



Приемочные испытания, проведенные в 2024 году, подтвердили устойчивость аппарата на волнении до 3 баллов, надежность работы автопилота и систем связи. В перспективе на базе «Калана» планируется развернуть автономную систему гидроакустического позиционирования для сейсморазведочных работ.

СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫЙ МОНИТОРИНГ: ТОЧНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКОЙ

Параллельно с развитием полевых инструментов критически важным является внедрение технологий контроля за разработкой месторождений. Сейсморазведочный мониторинг пластовых систем (4D) представляет собой серию временно разнесенных 3D-сейсмических исследований. Сопоставление их результатов позволяет анализировать динамику физических процессов в пласте: движение флюидов, изменение давления и насыщенности [3-5].

Основные задачи 4D-мониторинга:

- Уточнение положения водонефтяного и газодляного контактов.
- Контроль изменения пластового давления.
- Оптимизация геологических и гидродинамических моделей.
- Выявление зон обводненности.

Наилучшие результаты достигаются при использовании донных сейсмических систем (OBN), таких как отечественный комплекс «Краб». Они регистрируют не только продольные (PP), но и поперечные (PS) волны, что значительно расширяет детальность исследований.

Опытно-методические работы, выполненные АО «МАГЭ» в 2021 году на Южно-Кирином месторождении, продемонстрировали, что данные с донных станций «КРАБ» по качеству и точности превосходят данные, полученные с буксируемых кос, и не уступают зарубежным аналогам. Это позволило в 2022 году приступить к постановке базовой 3D/4D съемки на Кирином и Южно-Кирином месторождениях, которая будет завершена в 2025 году и станет основой для долгосрочного мониторинга.



Комплекс «Краб»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: СИНЕРГИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Развитие беспилотных аппаратов, подобных БНМК «Калан», и внедрение высокоточной системы сейсмического мониторинга на базе донных станций «КРАБ» представляют собой стратегический дуэт технологий для освоения шельфа.

Беспилотные комплексы обеспечивают оперативность, мобильность и экономическую эффективность на этапе сбора данных. В свою очередь, 4D-мониторинг предоставляет уникальную информацию для управления разработкой, позволяя максимизировать нефтеотдачу и минимизировать риски.

В условиях текущих геополитических реалий успешная апробация и внедрение этих отечественных разработок доказывают возможность достижения технологической независимости в области морских геологоразведочных работ. Дальнейшие инвестиции в эти направления, а также в развитие нормативной базы и подготовку кадров, заложат прочный фундамент для устойчивого и эффективного освоения ресурсов континентального шельфа Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

Казанин А.Г., Базилевич С.О., Куома Д.Г. и др. Инновационный цифровой сейсмический комплекс морской сейсморазведки «Краб» // Нефть. Газ. Новации. – 2021. – № 12(253). – С. 28-35.

Казанин А.Г., Базилевич С.О., Куома Д.Г. и др. Применение инновационного комплекса сейсмических регистраторов «Краб» на действующих месторождениях шельфа России // Нефть. Газ. Новации. – 2022. – № 4(257). – С. 34-39.

Казанин А.Г., Шепелев А.А., Базилевич С.О., Жилин Ф.Е. Применение донного оборудования при выполнении сейсморазведочного мониторинга 3D (4C) на шельфе Охотского моря // Актуальные проблемы нефти и газа. – М.: ИПНГ РАН, 2023. – С. 142-143.

Петров Б.Е., Хитров С.С., Ромакин В.А. и др. Гидроакустическая система позиционирования и передачи данных для целей сейсморазведки на континентальном шельфе // Газовая промышленность. – 2024. – № 5(865). – С. 42-48.

Хоштария В.Н., Рыбин Н.А., Кожухов Д.В. и др. Современные российские технологии проведения сейсморазведочных работ 4D/4C на участках шельфа о-ва Сахалин // Газовая промышленность. – 2023. – № 5(848). – С. 24-32.

РОССИЙСКИЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ НПА

Среди наиболее известных российских НПА гражданского назначения следует выделить подвижные по линии структур Национальной технологической инициативы (НТИ):

- «Марлин-350» и «Финвал 50К М2» компании «Тетис Про»;
- «Спрут», разработанный специалистами «Политех»;
- «Херсонес» компании «РобоКоп»;
- «Глаз-Стерео» компании «Гидроскан»;
- «Гном X» компании «Подводная робототехника».

Заслуживают внимания появившееся в последнее время многочисленные проекты беспилотных надводных судов – носителей подводных необитаемых аппаратов.

В ближайшее время, аналогично тому, как это произошло за минувшие три года с воздушными FPV-дронами, можно ожидать лавинообразный рост новых низкобюджетных технологических решений для широкого использования при создании различных классов подводных дронов.

В качестве примера подобных новых решений можно привести проект модульного унифицированного ТНПА, реализуемый в рамках работы студенческого научного общества НИЯУ МИФИ (руководитель проекта – Е. В. Поганов). Комплектуемые ТНПА, по большей части, унифицированы с FPV-дронами (рисунок 5).



Рисунок 5 – Внешний вид универсального аппаратного отсека подводного дрона НИЯУ МИФИ

ПРОЕКТ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ

Параллельно с разработкой модульного унифицированного ТНПА, в МИФИ реализуется проект «Сетецентрическая система для мониторинга и обеспечения безопасности подводной инфраструктуры РФ».

Работа представляет собой актуальную и амбициозную инициативу, направленную на интеграцию гетерогенных робототехнических комплексов различной среды действия (БПЛА, наземных мобильных платформ, надводных беспилотников, необитаемых подводных аппаратов/НПА, а также многосредных систем) в единый сетецентрический контур мониторинга и защиты критически важной подводной инфраструктуры России.

Использование разных классов робототехнических средств обеспечивает комплексное покрытие:

- БПЛА – оперативная разведка и ретрансляция связи;
- наземные средства – управление береговой инфраструктурой и защитой пунктов выхода;
- надводные – патрулирование акваторий и взаимодействие с НПА;
- подводные – непосредственный контроль кабелей, трубопроводов, энергетических линий и т.п.;
- многосредные аппараты – быстрая адаптация к различным сценариям применения и новым угрозам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Безопасность морской инфраструктуры всё чаще зависит от применения необитаемых подводных аппаратов. Они позволяют не только выполнять диагностику и ремонт, но и формировать проактивную систему защиты. Мировой опыт показывает, что НПА становятся ключевым элементом как промышленной эксплуатации, так и национальной безопасности. В будущем их комплексное применение в связке с беспилотными надводными платформами и системами ИИ станет новым стандартом защиты морской инфраструктуры.

ЛИТЕРАТУРА

ГОСТ Р 56960-2016 Аппараты необитаемые подводные. Классификация.

Борейко А. А., Илларионов Г. Ю. Разработка автономных необитаемых подводных аппаратов большого и сверхбольшого водоизмещения в иностранных военно-морских флотах // Подводные исследования и робототехника. – 2025. – № 1 (51) – С. 29-40.

Kongsberg Maritime. HUGIN AUV System Overview. Kongsberg, 2023.

SEA-KIT International. SEA-KIT Maxlimer USV Technical Manual, 2024.

Royal Navy. XLUV Excaltibur Operational Concepts. UK Ministry of Defence, 2022.

Ocean Infinity. Armada Remote Operations for Subsea Infrastructure. Ocean Infinity Reports, 2023.

DARPA. Orca XLUV Program Overview. US Department of Defense, 2022.

NATO. Baltic Sentry – Critical Undersea Infrastructure Protection, 2025.

Eelume AS. ROV/AUV Multi-Purpose Inspection Robots. Technical Documentation, 2023.

JMSDF. Undersea Cable Protection and Surveillance, Japan, 2024.

Aramco. Offshore Pipeline Inspection and Maintenance Guidelines, Saudi Aramco, 2023.

DNV. Guidelines for Subsea Pipeline Inspection and Monitoring, DNV, 2022.

НЕОБИТАЕМЫЕ ПОДВОДНЫЕ АППАРАТЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Замятин Александр Юрьевич, доктор технических наук, руководитель направления по реализации стратегических проектов АО «ГЛОНАСС».

Замятин Владимир Юрьевич, кандидат технических наук, начальник отдела фонда данных и научно-технической информации ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» (ФГБУ «АНИИ»).

Юдов Антон Алексеевич, студент Института лазерных и плазменных технологий (ЛаПлаз) НИЯУ МИФИ.

Аннотация:

Рассматриваются ключевые аспекты обеспечения безопасности морской инфраструктуры России. Показаны основные типы угроз. Рассматриваются международные концепции защиты морских подводных инфраструктурных объектов. Представлена информация по перспективным унифицированным подводным дронам низкой стоимости. Описан российский проект по созданию сетецентрической системы для мониторинга и обеспечения безопасности подводной инфраструктуры РФ.

Ключевые слова: морская инфраструктура, безопасность, необитаемый подводный аппарат, подводный дрон, НПА, АНПА, ТНПА.

ВВЕДЕНИЕ

Современная морская инфраструктура (подводные трубопроводы, кабельные линии связи и энергоснабжения, гидротехнические сооружения) является критически важным элементом глобальной экономики и безопасности государств. Их бесперебойное функционирование обеспечивает транспортировку энергоресурсов, связь между континентами, работу финансовых систем и энергетических рынков. При этом данные объекты уязвимы к широкому спектру угроз: от природных факторов и техногенных аварий до диверсий и террористических актов.

В последние годы особую актуальность приобрела задача непрерывного контроля и защиты подводной инфраструктуры, особенно в условиях усложнения геополитической обстановки и роста числа потенциальных рисков. Традиционные методы мониторинга и охраны зачастую оказываются недостаточными из-за больших глубин, протяженности трасс и труднодоступности районов эксплуатации.

В этих условиях необитаемые подводные аппараты (НПА) становятся ключевым инструментом обеспечения безопасности морской инфраструктуры. Они позволяют решать задачи разведки и мониторинга, оперативного осмотра поврежденных, технического обслуживания и даже патрулирования акваторий. Развитие технологий автономной навигации, подводной робототехники и систем искусственного интеллекта открывает новые возможности для повышения устойчивости и надежности функционирования критически важных морских объектов.

ОСНОВНЫЕ УГРОЗЫ ДЛЯ ПОДВОДНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Основные угрозы для подводных трубопроводов и морских объектов можно условно разде-

лить на техногенные, природные и антропогенные (умышленные).

К техногенным угрозам, как правило, относят:

- судоходство (якорные зацепы, буксируемые устройства и т.п.);
- строительные и буровые работы (случайные пересечения с трубопроводами при укладке других коммуникаций, ошибки при прокладке и обслуживании и т.п.);
- износ и усталость металла (прежде всего, коррозия).

В число природных угроз входят, прежде всего:

- геодинамика (подводные оползни и сели на шельфе, землетрясения, тектонические смещения и т.п.);
- гидродинамика (течения, вихревые колебания и др.);
- опасные природные явления (например, ледовые нагрузки, ураганы и штормы, приводящие к смещению донных грунтов);
- биообрастание (биофулинг – нежелательное скопление микроорганизмов, растений, водорослей или мелких животных на поверхностях).

Наиболее явными антропогенными угрозами являются:

- несанкционированные действия и диверсии с применением водолазов (подключение нелегальных отводов, установка зарядов на трубопровод и пр.);
- использование подводных дронов (подрывные работы, несанкционированный мониторинг инфраструктуры и пр.);
- кибердиверсии через вмешательство в системы телеметрии и автоматики.

Последствия реализации угроз для подземной инфраструктуры, как правило, имеют три аспекта:

- экологический: массовый выброс газа или нефти ☐ катастрофа для экосистем;

НЕОБИТАЕМЫЕ ПОДВОДНЫЕ АППАРАТЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

- экономический: перебои поставок, рост цен, международные конфликты;
- политический: давление на государства через угрозу или повреждение инфраструктуры.

Главная тенденция последних лет – рост антропогенных угроз с использованием морских дронов и специальных диверсионных групп.

КОНЦЕПЦИИ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УГРОЗАМ

В ответ угрозы, возникающие для подводной инфраструктуры, во многих странах развивается концепция «Subsea Situational Awareness» – создание постоянного поля наблюдения вдоль трассы трубопроводов с использованием сетей сенсоров, надводных и подводных дронов.

На рисунке 1 проиллюстрирована британская концепция, на рисунке 2 – французская.

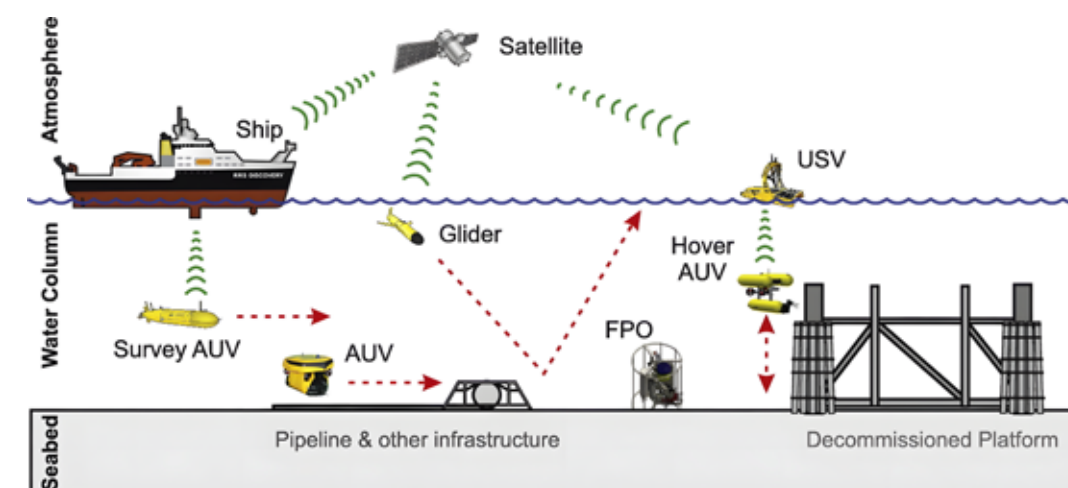


Рисунок 1 – Иллюстрация Национального центра океанографии Великобритании, представленная в 2019 году в перспективном обзоре возможностей морских роботов для мониторинга окружающей среды, необходимого при выводе из эксплуатации нефтегазовых объектов

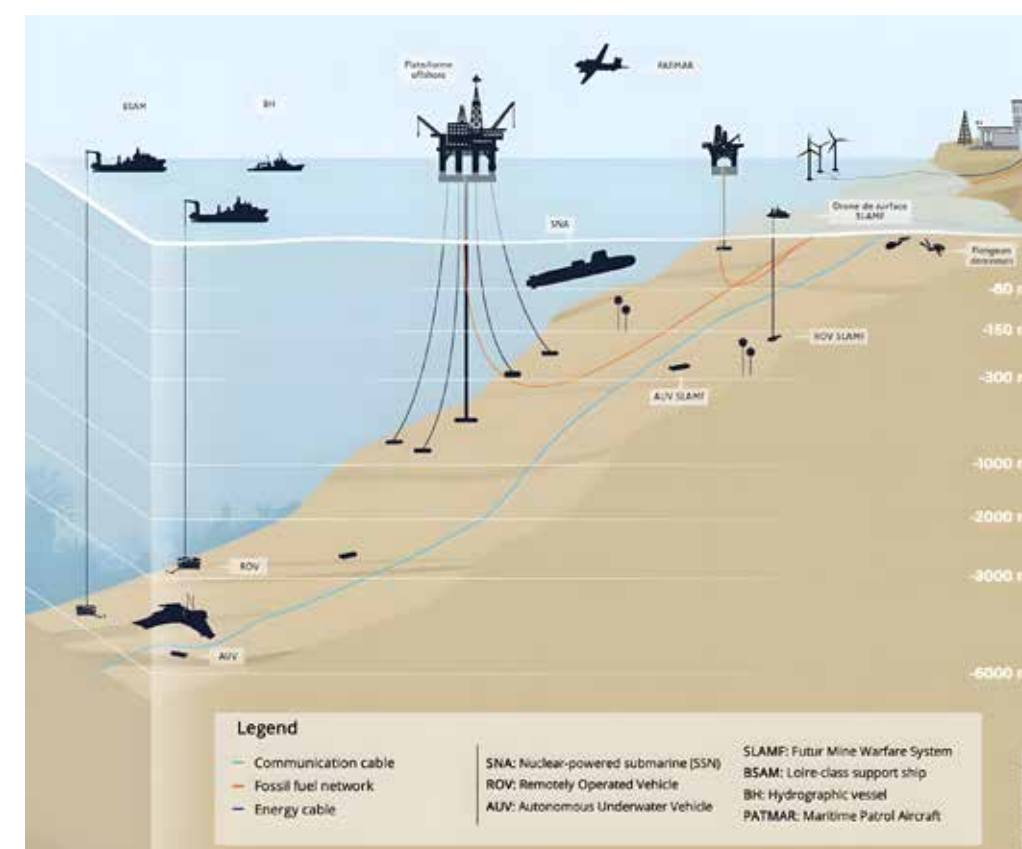


Рисунок 2 – Иллюстрация французского плана контроля дна до 2030 года

РОЛЬ И МЕСТО НПА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ

Основные принятые международные обозначения для подводных дронов:

- AUV – Autonomous Underwater Vehicle (автономные необитаемые подводные аппараты – АНПА);
- UUV – Unmanned Underwater Vehicles (НПА);
- ROV – Remotely Operated Vehicle (телеуправляемые необитаемые подводные аппараты – ТНПА).

По данным аналитиков из агентства Market.US, состояние и перспективы рынка характеризуются следующим образом:

- в 2022 году объём мирового рынка подводных дронов оценивался в \$3,9 млрд;
- в 2026 году объём рынка по прогнозу достигнет \$6,4 млрд;
- к 2032 году ожидается увеличение объёма рынка до \$12,2 млрд;
- среднегодовой темп роста на этом рынке составляет 12,4 %.

Современные НПА позволяют существенно повысить эффективность мониторинга, диагностики и реагирования на инциденты:

- противодействие природным угрозам – инспекции трасс, контроль морского дна, сбор данных о течениях и химии воды;
- противодействие техногенным угрозам – об-

следование повреждений, выполнение простейших ремонтных операций, патрулирование;

- противодействие антропогенным угрозам – подводное патрулирование, обнаружение аномальных объектов, взаимодействие с другими системами безопасности.

По функциональности подобные НПА можно условно распределить по четырём классам (классификация несколько отличается от принятой в ГОСТ Р 56960-2016):

- разведывательные и инспекционные аппараты – картографирование дна, выявление дефектов;
- инспекционно-ремонтные аппараты – очистка, нанесение покрытий, мелкий ремонт;
- патрульно-охранные аппараты – контроль акватории, фиксация подозрительных объектов;
- комплексные многофункциональные системы – совмещение разведки, инспекции, ремонта и охраны.

Наибольшей результативности использования подводных дронов можно достичь при их групповой работе или функционировании в составе роя.

При проектировании систем обнаружения несанкционированного использования подводных дронов следует иметь в виду, что уже несколько лет на коммерческом рынке доступны бионические НПА, например, в виде акул и скатов (рисунки 3 и 4).



Operating Equipment



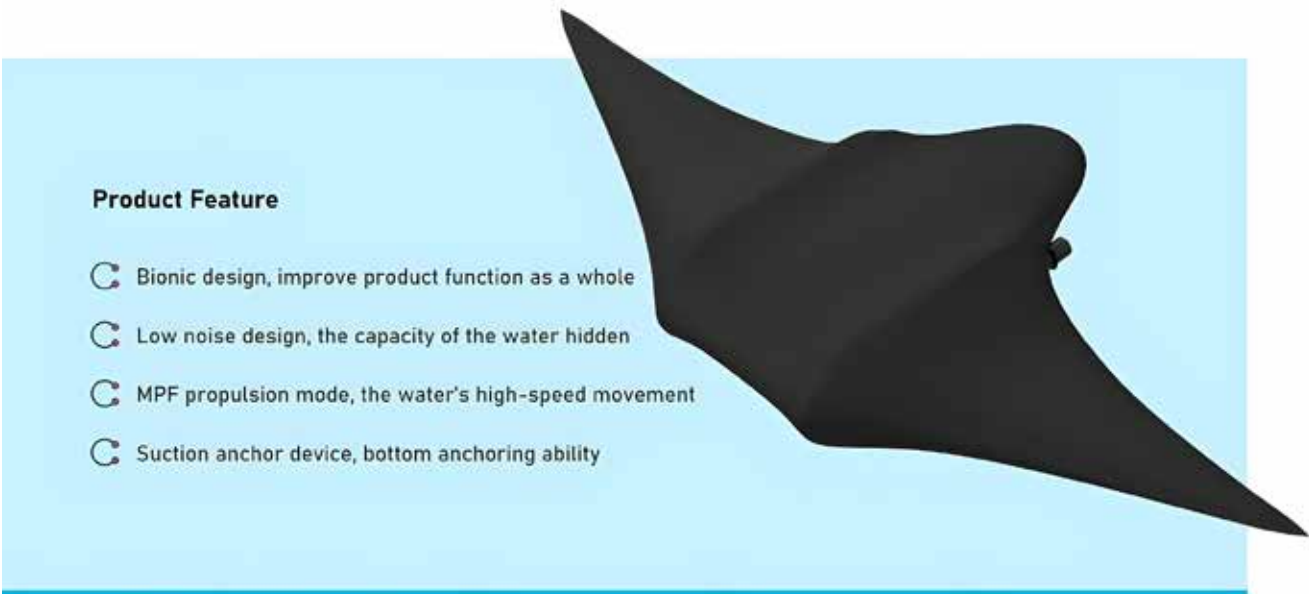
Рисунок 3 – Китайский бионический подводный дрон в виде акулы (доступен на рынке в различных модификациях с 2023 года) (начало)

Product Parameters

Dimensions	1850mm×850mm×860mm
Weight	50kg
Operating Depth	300m
Motion Mode	Caudal fin propulsion
Speed	1.5m/s



Рисунок 3 – Китайский бионический подводный дрон в виде акулы (доступен на рынке в различных модификациях с 2023 года) (окончание)



Operating Equipment



Product Parameters

Dimensions	3700mm×1700mm×600mm
Weight	500kg
Operating Depth	300m
Motion Mode	Bionic propulsion, double vector pumping
Speed	2m/s



Рисунок 4 – Китайский бионический подводный дрон в виде ската (доступен на рынке в различных модификациях с 2023 года)



ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД «РИАТОМ»: ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ!



В №22 журнала за 2025 год мы познакомились с новыми разработками Вашего предприятия, представленными на выставке «Нева-2025». Расскажите про Ваше предприятие. Когда оно основано? С чего начинали? Как Вы пришли к тому, чтобы сейчас, в 2025 году, производить надёжное и современное промышленное оборудование?

Жулин Олег Константинович,
генеральный директор Приборостроительного завода «РИАТОМ».

История нашего завода началась в 1993 году, когда Константин Сергеевич Жулин, почётный радист СССР, начал разработку и изготовление первых приборов контроля параметров дизель-генератора.

Первым успешным продуктом был блок пуска-останова БПО-1, спроектированный и изготовленный по заказу ОАО «Барнаултрансмаш». В 1995 году мы начали выпускать электронные регуляторы ча-

стоты вращения ЭРЧ-1 и ЭРЧ-2. В 1997 году были выпущены первые системы аварийно-предупредительной сигнализации для речных судов, а с 1999 года РИАТОМ приступил к серийному производству систем управления для речного флота. В 2002 году выпущены первые системы управления для морских судов.

С 2006 года работаем в собственных зданиях, расположенных на принадлежащих нам площадях.



За время существования предприятия нами разработаны и поставлены на производство сотни разновидностей различных электронных устройств, а количество выписанных сертификатов РКО и РМРС на нашу продукцию составляет несколько десятков тысяч.



Высокоточная лазерная обработка корпусных деталей приборов морского приборостроения на современном технологическом оборудовании завода «РИАТОМ»

Каждая единица продукции создаётся внутри компании - от проектирования опытного образца до изготовления серийной продукции и проверки её в испытательной лаборатории. Существующая команда инициативных, творческих специалистов, рост и сплочение инженерно-технического коллектива способствуют постоянному росту технического уровня продукции, в первую очередь благодаря способности определять необходимость той или иной продукции для отечественного флота. Мы понимаем, что за каждым кораблём, за каждой единицей оборудования стоят люди, и наша продукция даёт им возможность эффективно, оперативно и безопасно выполнять задачи. Особое значение мы придаём импортозамещению.

Всё оборудование изготавливается в строгом соответствии с конструкторской документацией на современном, надёжном и высокотехнологичном оборудовании. На каждом этапе мы проверяем правильность обработки деталей, допуски, соблюдение техпроцессов. После сборки каждое изделие проходит испытания в соответствии с утверждённой методикой, что гарантирует работоспособность

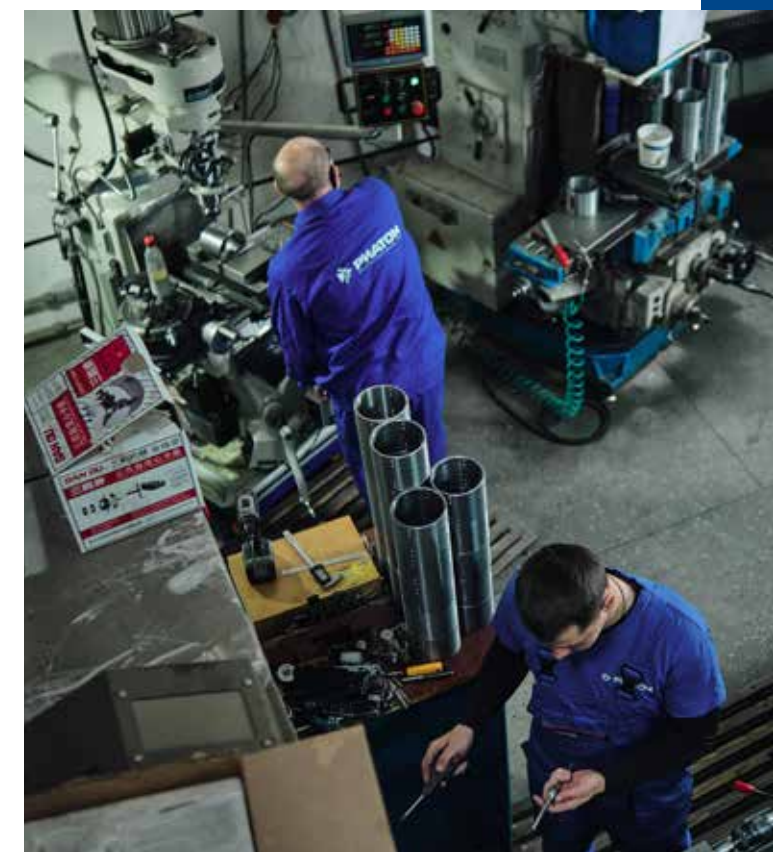
изделия в соответствии с его назначением. Наши специалисты всегда готовы выехать к клиенту и помочь с установкой и подключением устройства, выполнить пусконаладку и обучить персонал надёжной и безопасной работе с оборудованием.

Сервисный отдел работает в круглосуточном режиме, в том числе в выходные и праздничные дни. Наши лучшие специалисты в любое время суток готовы проконсультировать по любому вопросу работы нашего оборудования, а при необходимости выехать на объект в течение суток для проведения пусконаладочных работ, ремонта или обучения персонала.

В структуру завода входят отделы разработки, продаж и развития, собственные участки микроэлектроники, металлообработки и кабельной сборки. Специалисты «РИАТОМа» выполняют монтаж на борту, проводят обучение экипажа и обеспечивают сервисное сопровождение. Гарантийный срок на оборудование - от 12 месяцев с возможностью продления по соглашению сторон; ожидаемый ресурс безотказной службы составляет 10 - 15 лет.

В штате «РИАТОМа» сегодня работает около 50 человек - как молодёжь сразу после института и колледжа, так и опытные специалисты, многие из которых посвятили заводу более двух десятилетий. Расширение производства требует постоянного притока кадров, поэтому предприятие открыто для сборщиков и электромонтажников, а каждое новое пополнение проходит системную программу наставничества. В компании уже сформировались трудовые династии в трёх поколениях, что подчёркивает преемственность и стабильность.

«РИАТОМ» последовательно увеличивает производственные мощности, и одной из приоритетных задач является включение предприятия в реестр производителей отечественного оборудования согласно Постановлению № 719. Специалисты уже работают над новой линейкой продукции, полно-



Этап технологической подготовки к изготовлению поворотного электромагнита системы регулирования топливоподачи судовых дизельных двигателей на заводе «РИАТОМ»

стью соответствующей критериям локализации, - в их числе современный регулятор частоты вращения на отечественной элементной базе. Тем самым «РИАТОМ» подтверждает намерение укреплять позиции технологического лидера и надёжного поставщика российской судовой автоматики.



Инженерно-технический персонал завода «РИАТОМ» с руководством в сборочном цеху предприятия

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ИНТЭЛ

ПЕРЕДОВЫЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РАДАРЫ ДЛЯ ФЛОТА РОССИИ

РЕДАКЦИЯ МНТ ИЗУЧИЛА ТЕМУ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ РАДАРОВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ФЛОТА ПОБЫВАВ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ НА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДКЕ НАУЧНО – ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ. ДЕМОНСТРАЦИЮ РАЗРАБОТОК И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРГАНИЗОВАЛ - ДИРЕКТОР НАПРАВЛЕНИЯ ГРАЖДАНСКОГО СУДОСТРОЕНИЯ АО НПП «ИНТЭЛ» АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ ТАРАН.

Разработка и производство радиолокационных станций является одним из наиболее успешных направлений деятельности научно-производственного предприятия «Инновационные технологии электроники» (НПП «ИНТЭЛ»). Основным мировым трендом в судовой радиолокации является переход от применения в РЛС предшествующего поколения, построенных на магнетронных передатчиках, как формирователей высокочастотного сигнала, к твердотельным передатчикам, при этом не ухудшая характеристик, дальности обнаружения и разрешающих способностей станций. На сегодняшний день в России именно «ИНТЭЛ» серийно выпускает РЛС с твердотельным приемопередатчиком для судовых навигационных станций.

Применение твердотельных приемопередатчиков позволяет сократить стоимость эксплуатации РЛС, за счет увеличенного срока службы изделий, в частности, за счет отсутствия магнетронов, которые обладают ограниченным эксплуатационным ресурсом.

Благодаря заказу Министерства промышленности и торговли Российской Федерации на ОКР «Маяк-радиолокация» и «Маяк-БРЛС» компанией разработаны и созданы опытные образцы НРЛС Маяк Х, S диапазонов и БРЛС Маяк-С X диапазона с применением твердотельных приемопередатчиков с непрерывным излучением и частотной модуляцией. Руководство проектом осуществляет опытный инженер-конструктор Павел Иванович Власов.



Береговая РЛС "Маяк-С" на опытной эксплуатации, установленная на АРТП-5 в Калининградской области, производства АО НПП «ИНТЭЛ»

Проведённые, при участии и под контролем Российского морского регистра судоходства и Минпромторга России, испытания в акваториях Ладожского озера и Финского залива, подтвердили соответствие ТТХ разработанных РЛС требованиям РМРС и Минтранса РФ. Опытным, высокопрофессиональным коллективом команды «ИНТЭЛ» получены высокие результаты в части разрешающей способности по дальности и направлению, дальности обнаружения, высокая чувствительность при низкой энергетической мощности передатчиков.

Опытные образцы НРЛС созданы для судов водоизмещением от 10000 тонн, а БРЛС для использования в составе СУДС высшей категории. Очень важно то, что оборудование может использоваться в системах без экипажного судовождения.

На текущий момент компания совместно с РМП готовится к проведению опытной эксплуатации созданных образцов РЛС. НРЛС будут установлены на одном из судов РМП, а БРЛС в составе СУДС Калининград.

В ходе выполнения ОКР получены ряд патентов на изобретения и свидетельства о регистрации СПО, созданы ряд эксклюзивных, уникальных разработок, связанных с технологией создания РЛС.

Основными пользователями технологиями данного проекта являются судовладельцы, осуществляющие речную и морскую логистику и судостроительные предприятия. Созданные системы, при определённой доработке и модернизации, способны обеспечить охрану акваторий, прилегающих к особо охраняемым объектам.

Отдельно хочется отметить, что конструкторы и разработчики предприятия решили задачу связанную с работой радиолокационных маяков, который срабатывает от приёма сигнала радара и автоматически возвращает радару-излучателю свой отличительный сигнал. Решение данной задачи в реализации твердотельных приемопередатчиков позволяет использовать данный тип РЛС как основную навигационную станцию на судах. С учетом увеличения потенциала промышленного производства данного типа радиолокационных станций, предприятие решило задачи управления себестоимостью – оптимизации технологических процессов производства, унификации узлов, сокращение цикла выпуска изделия за счет станкового изготовления печатных плат, СВЧ узлов, входящих в состав приёмопередающего устройства РЛС, самостоятельного изготовления антенн, что в совокупности позволяет сократить все сроки производства изделий и уменьшить его конечную стоимость.

На текущий момент предприятие разрабатывает радиолокационные станции для использования в условиях Арктики с возможностью отображения на индикаторах РЛС ледовой обстановки. Также заканчивается разработка спутникового компаса работа, которого рассчитана на условия пониженных температур. Предприятие планирует создание линеек радиолокационных станций в широком диапазоне комплектаций для различных классов судов и различных заказчиков.

Основными направлениями деятельности Научно-производственного предприятия «Инновационные технологии электроники» являются:



- Системы обработки сигналов РЛС;
- Гидроакустические системы;
- Системы управления техническими средствами морского и наземного транспорта;
- Средства вычисления и отображения информации;
- Специальные вычислительные устройства;
- Системы охраны периметра;
- Комплексные системы управления силовым оборудованием;
- Системы интегральной логистической поддержки оборудования;
- Специальные системы видеозаписи и видеорегистрации.

Предприятие имеет собственное современное производство, включающее: научно-исследовательские и производственные отделы; конструкторское бюро, архив; слесарносборочные и радиомонтажные участки, роботизированное производство электронных модулей. Производственная база предприятия обеспечивает инструментально-слесарную обработку, сборку, а также монтаж и наладку электронных модулей на многослойных печатных платах с использованием современного высокотехнологического оборудования.

Редакция МНТ.

НИБИРУ

КОМПАНИЯ ЯВЛЯЕТСЯ КРУПНЫМ ГРУЗОПЕРЕВОЗЧИКОМ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С 2011 ГОДА. ИМЕЕТ ШИРОКИЙ АССОРТИМЕНТ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ. ПРЕДЛАГАЮТСЯ АВТОПЕРЕВОЗКИ, Ж/Д ПЕРЕВОЗКИ И ПЕРЕВОЗКИ ВОДНЫМ ТРАНСПОРТОМ.

Предприятие специализируется на транспортировке тяжеловесных и негабаритных грузов. При этом в компании действует сервис «door to door». Компания полностью отвечает за все процессы во время перевозки. Подготовка всех документов, ведется полное страхование груза, экспедирование и таможенное оформление. Так и проходит профессиональная перевозка грузов морским транспортом.

Серьезные вызовы были преодолены в период пандемии. Организация не могла позволить приостановить работу и выполняла заказы в полном объеме. Соблюдались все эпидемиологические меры безопасности. Знаковым эпизодом случилось выявление инфицированного на борту при переходе на Севморпути из Санкт-Петербурга в порт Находка. По указанию судовладельца и совместным решением команды было принято решение немедленно изолировать пострадавшего. По прибытию на рейд порта назначения осуществлялась оперативная эвакуация с использованием вертолета МЧС. Инцидент послужил выработке внутренних норм по усилению безопасности на борту судов, осуществляющих длительные переходы. Сейчас медицинские возможности на борту включают современные укладки и средства диагностики для первичной помощи, регламент дистанционных консультаций с береговыми медицинскими центрами и алгорит-



Погрузка тяжеловесного оборудования с использованием судовых кранов в порту Санкт-Петербург

мы принятия решений. Протоколы готовности, обновленные в период пандемии, включают изоляционные процедуры на борту, алгоритмы взаимодействия с портовыми службами и авиационно-спасательными подразделениями для приоритетной эвакуации. Регулярно проводятся учения экипажей. На терминалах и судах реализованы природоохранные регламенты: предотвращение разливов, обращение с отходами, контроль выбросов, готовность к локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций. В северных портах действуют планы аварийного реагирования, согласованные с портовыми и региональными службами.

На постоянной основе ведется работа и сотрудничество с Африканским регионом. Регион считается перспективным для нынешнего и развития дальнейшего сотрудничества. Организация транс-

Ожидание выгрузки негабаритного оборудования на рейде порта Дальнего Востока РФ в тяжелых погодных условиях.



Погрузка контейнерного оборудования в порту Китая для дальнейшей транспортировки в РФ прямым рейсом без судозаходы в третьи порты

портовой логистики является важным аспектом в экономическом развитии и сотрудничестве двух государств. При этом сообщение с Африканского континента в РФ в текущих политических реалиях требует особого внимания. Транспорт должен быть защищен, а грузы застрахованы. Необходимо выстраивать маршруты исключая заходы в порты недружественных стран. Не раз случалась практика намеренной задержки грузов в Европейских портах. Классическая модель доставки грузов ранее строилась на возможности судо-



Усиление грузовой тары для безопасной морской перевозки в порту Кореи



Погрузка мобильных кранов на борт судна в Европейском порту в сжатые сроки с учетом санкционного характера груза

заходов в ХАБЫ (крупные логистические центры мирового назначения). После введения санкций заходы в порты Роттердама, Антверпена и Гамбурга стали невозможны или сопряжены с рисками задержки флота и грузов. В 2022 года и по сей день приходится выстраивать новую логистическую цепочку доставки груза. Было найдено несколько решений при работе с Африкой. Одно из самых важных принятых решений на фоне санкций – это поиск ХАБОВ в самой Африке. Были найдены центры притяжения грузопотоков в самом регионе. Такие порты, как Александрия, Конакри, Дурбан и Дар-эс-Салам стали ориентиром при планировании морских грузоперевозок. Также было принято решение доставлять груз морскими судами до «большого» порта Африки, а далее развозить груз местными кластерами в порты назначения континента. Положительно используется стыковка с СМП. Севморпуть обеспечивает короткое плечо для выхода в Азию, откуда маршрут проходит в Индийский океан, а затем в Африку. Этократно оптимизирует экономику рейсов. Большую роль



Морская перевозка в ледовых условиях

играют федерально значимые проекты на территории других стран. Так строительство атомной станции в Египте обеспечивает формирование грузовой базы и формирует стабильный грузопоток через порт Александрия. Одним из вызовов эффективной логистики, которую удалось преодолеть – это обратные грузопотоки, которые зачастую неравномерны. Экспорт и импорт из одного порта не равнозначны в объемах, направлении и стоимости. Одной из приоритетных задач стало избежать порожние пробеги флота. Например, экспортируя оборудование в Конакри можно не найти обратной загрузки в порт России, но с Западного побережья можно осуществить загрузку в направлении Латинской Америки, а оттуда в свою очередь загрузиться в порт Санкт-Петербурга. Компания организует гуманитарные и специальные перевозки по запросам государственных и корпоративных заказчиков с обеспечением режима безопасности, конфиденциальности и соблюдения процедур.

В построении логистики СМП рассматривается не как разовая навигация, а как регулярный производственный опорный коридор. Северный морской путь является специфичным, поэтому при планировании рейсов учитывается межсезонье, ледовая проводка, происходит взаимодействие с ледокольным флотом и выполняется гибкая дистрибуция грузопотоков между Мурманском и Архангельском с последующим распределением в Европейскую часть России, Урал, Сибирь и Дальний Восток. Эти два города являются терминальной опорой севера. Мурманск – оперативная обработка партий для северных и транзитных рейсов. Архангельск – перевалочная база для наливных грузов, в том числе продукты нефтехимии, сопряжение с железной дорогой и автологистикой. При использовании Северного морского пути необходима безопасная навигация. Суда оборудованы отечественными навигационными комп-



Тяжеловесного перегрузочного оборудования с использованием двух судовых кранов одновременно «спарка».



Транспортировка контейнеров на верхней палубе универсальных судов - как решение оптимальной загрузки флота



Транспортировка тяжеловесных металлических изделий из порта Санкт-Петербург в порты Индии



Транспортировка удобрений навалом в порты Африки и Китая. Судовые партии от 5 до 50 тысяч тонн

лексами, электронными картографическими системами и системой автоматической идентификации. Также идет непрерывная помощь с берега – центры ситуационного мониторинга рейсов, погодного и ледового сопровождения. Регулярно идет взаимодействие с портовыми службами и ледовой проводкой.

Россия обладает уникальными преимуществами. География портов четырех концов света, технические возможности. Нигде в мире нет подобной практики и даже возможности, чтобы атомные ледоколы сопровождали грузы. Все это позволяет нам выстраивать самобытность в системе транспортных коридоров. Сегодня видна большая заинтересованность со стороны иностранных компаний в интеграции собственных сервисов в транспортные потоки, проходящие через нашу страну. Это и Китай, фокусирующийся на использование Севморпути, и США с желанием



Выгрузка оборудования в порту Находка



Перевозка контейнерного оборудования из Китая в РФ



Организация выгрузки на рейде в тяжелых ледовых условиях

включить свои северные территории в зону транспортировки СМП. Здравомыслящие и прагматичные зарубежные партнеры начинают приходить к тому, что кооперация лучше изоляции, что путь санкций – путь в никуда. С 2022 года работа в условиях санкций позволила в кратчайшие сроки выстроить новую систему взаимоотношений со странами Глобального Юга. Открыты новые возможности как технические, так и целевые в процессе преодоления преград. В целях реализации Морской доктрины мы, как частный российский оператор, опирающийся на отечественные технологии и северную терминальную инфраструктуру, способны обеспечить устойчивость логистики на ключевом направлении – Северном морском пути. И связать его с Африкой, Китаем и Юго-Восточной Азией без критической зависимости от внешних хабов. Можно уверенно заявить, что задачи, поставленные рынком, обществом и государством, выполняются в полном объеме. Сегодня каждая завершенная перевозка – часть нашей общей победы.



ОСК ПРОВЕЛА ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАЛОМЕРНЫМ НЕОБИТАЕМЫМ СУДНОМ

В сентябре 2025 года вступил в действие новый документ Российского морского регистра судоходства «Правила классификации и освидетельствований маломерных судов. Часть III. Классификация маломерных необитаемых судов». Этот документ помимо введения наименования «маломерное необитаемое судно», которое тем самым приобрело официальный статус и может использоваться вместо многообразных терминов «безэкипажный катер», «безэкипажное судно» и даже совершенно бессмысленного «морской дрон», ввело иные определения, относящиеся к маломерному необитаемому судну (МНС) и к системе управления им, а также основные требования и к самому судну и к его системам.

В 2024 году специалистами АО «ОСК-Технологии» была разработана система управления МНС, примененная на платформе управления безэкипажным катером «Квазар БЭК». Платформа позволяет использовать агрегатно-модульный принцип компоновки системы управления и обеспечивает трансформацию как серийно выпускаемых, так и вновь разрабатываемых маломерных судов в безэкипажные комплексы, адаптированные под решение конкретных задач, среди которых обсле-

дование акваторий в интересах обеспечения безопасности судоходства, обследование дна водоемов в процессе проведения изысканий для проектирования, а также эксплуатации точечных и линейно-протяженных инфраструктурных объектов, доставка грузов, решение специальных задач.

Система управления состоит из береговой и бортовой частей (рисунок).

Береговая часть имеет в своем составе пульт дистанционного управления (ПДУ), размещенный в мобильном или стационарном центре дистанционного управления (ЦДУ). С помощью ПДУ оператор МНС имеет возможность управлять судном в одном из двух режимов: дистанционное управление и автоматическое управление. В первом случае оператор с использованием системы связи непрерывно направляет управляющие воздействия на движительно-рулевые устройства МНС с целью требуемого изменения его курса и скорости. В случае автоматического управления оператор МНС заранее задает траекторию движения судна и требуемую скорость и направляет эти данные для загрузки в систему управления



Безэкипажный катер «Квазар БЭК»

движением в виде рейсового задания. В процессе движения МНС в соответствии с рейсовым заданием в автономном режиме оператор контролирует соответствие реальной траектории движения судна заданной и в случае существенных отклонений переходит в режим дистанционного управления.

Бортовая часть системы управления МНС включает в себя следующие основные элементы:

- Система ситуационной осведомленности (ССО), обеспечивающая сбор и обработку данных об окружающей обстановке и судовых системах, ССО получает данные от бортового навигационного оборудования и от береговых источников информации.

- Система управления движением (СУД), обеспечивающая управление курсом и скоростью МНС в соответствии с командами оператора МНС или заложенным рейсовым заданием.

- Автономная навигационная система (АНС), обеспечивающая безопасное движение по заданному рейсовому заданию маршруту без вмешательства оператора с использованием информации, получаемой от ССО.

- Система динамического позиционирования (ДП), обеспечивающая удержание МНС заданной позиции и/или курса.

И береговая и бортовая части системы управления МНС включают оборудование, относящееся к системе связи (СС), обеспечивающей связь и обмен данными между МНС и ПДУ. В зависимости

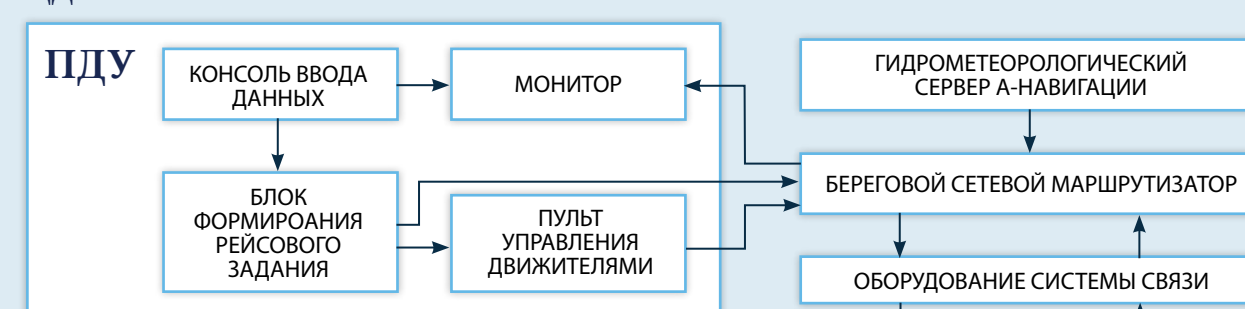
от назначения МНС и решаемых им в данный момент задач СС может быть укомплектована оборудованием спутниковой или наземной связи. При этом наземная связь может включать несколько взаимно резервирующих каналов, основанных на использовании различных технологий цифровой связи и работающих в различных частотных диапазонах в соответствии с требованиями обеспечения электромагнитной совместимости различных радиоэлектронных средств, работающих в районе использования МНС.

Сетевые маршрутизаторы обеспечивают пересылку пакетов в соответствии с заданными правилами и включают в себя оборудование криптозащиты.

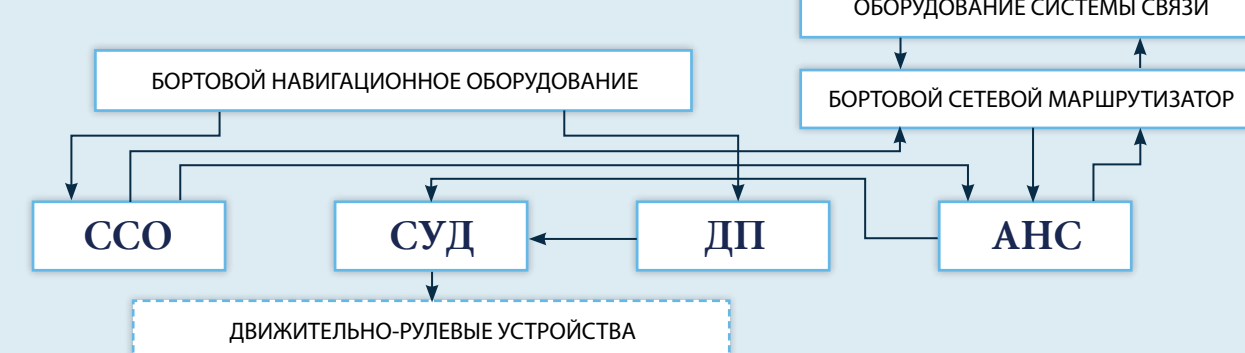
В марте 2025 года в Черном море были проведены ходовые испытания системы управления. В ходе натурных испытаний были получены следующие результаты:

- в режиме дистанционного управления с использованием спутникового и наземного каналов связи:
 - максимальная разность между заданным и текущим значением путевого угла на десяти испытательных галсах 3,32° (контрольное значение $\Delta COG < 5^\circ$).
 - максимальная разность между заданным и текущим значением скорости МНС на десяти испытательных галсах составляет 1,77 м/с (контрольное значение $\Delta SOG < 2$ м/с).

ЦДУ - БЕРЕГОВАЯ ЧАСТЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ



БОРТОВАЯ ЧАСТЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ



Структурная схема СУ МНС

- в режиме автоматического управления с использованием спутникового и наземного каналов связи:
 - максимальная величина бокового отклонения судна от заданного маршрута составляет 10,87 м (контрольное значение < 12 м).

– максимальная значение средней величины бокового отклонения позиции судна от заданного маршрута составляет 3,46 м.

Испытания показали полное соответствие разработанной системы управления МНС техническому заданию.

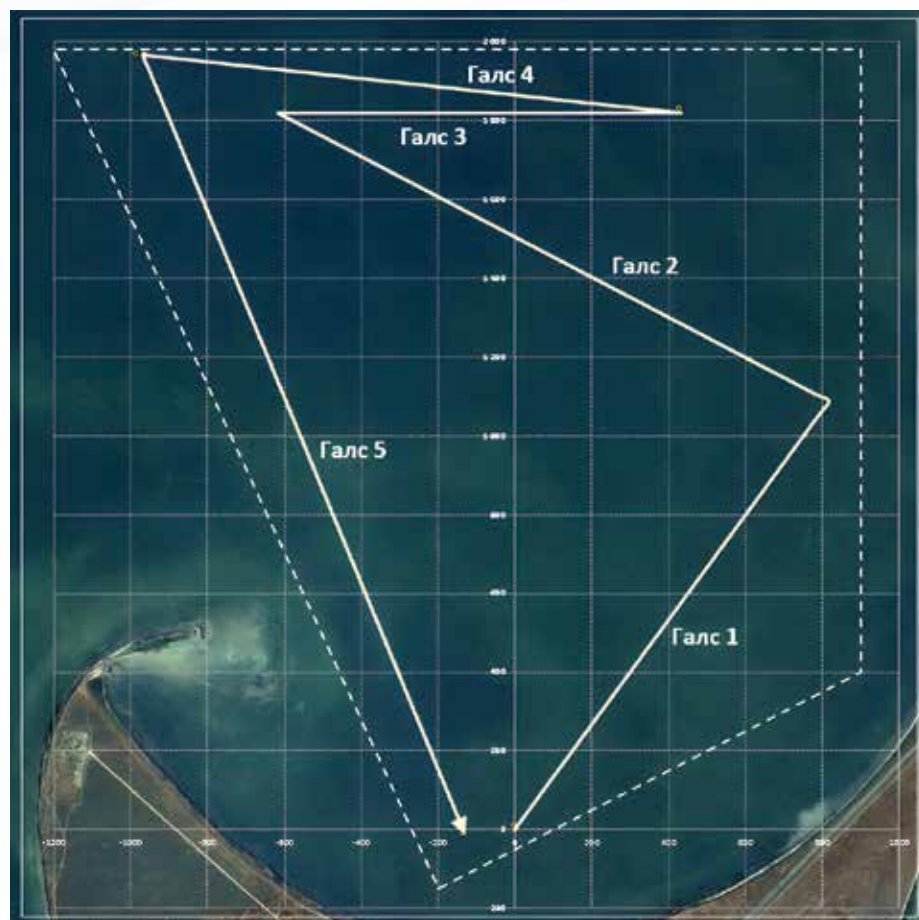
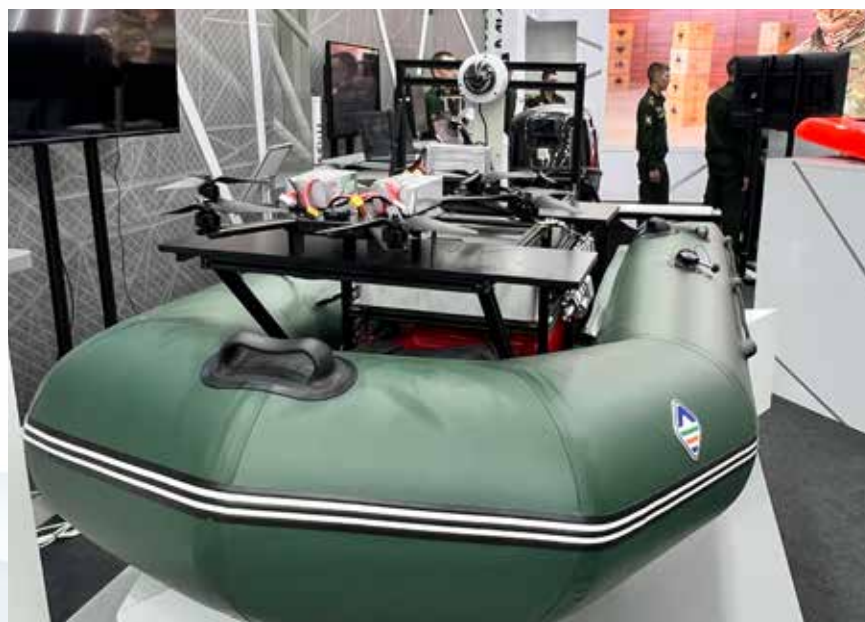


Схема маневрирования при проведении ходовых испытаний



Безэкипажный катер «Квазар БЭК»

СИНХРОННЫЙ ГЕНЕРАТОР ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ

Маринизированный дизельный двигатель ЯМЗ-537,
номинальная мощность 291 кВт при 2230 об/мин



Был представлен на крупнейшей выставке в области гражданского судостроения и судоходства
НЕВА 2025

Серийный двигатель-генератор собственной разработки **Unidrive 400**

- Напряжение – **750 В**
- Номинальный крутящий момент – **2 кН·м**
- Номинальная мощность **400 кВт**
- Частота вращения – **переменная**
- КПД – **96%**
- Степень защиты – **IP65**
- Масса – **295 кг**

Комплектующие элементы, как и агрегат в сборе, в полной мере соответствуют требованиям **719-ФЗ**, обеспечены ЗИП и профессиональным сервисом 24/7

Собственная разработка и производство

Объединенная система жидкостного охлаждения «дизель-генератор» значительно снижает размеры, массу и тепловыделение агрегата.

Переменная частота вращения дизель-генератора обеспечивает оптимальную загрузку дизеля в любой момент времени, что позволяет существенно увеличить его моторесурс и оптимизировать потребление топлива.

«НПК Морсвязьавтоматика»

+7 (812) 622-23-10
unicont.com





ОСК ПРЕДСТАВИЛА РОССИЙСКИЙ ПОДВОДНЫЙ МАНИФОЛЬД ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Заместитель директора департамента продаж и контрактации гражданских судов ОСК Наталья Ошикер рассказала о перспективах строительства оборудования систем сбора газа на производственных мощностях АО «ОСК». В своем докладе в рамках XVII международной выставки и конференции RAO/CIS Offshore в Санкт-Петербурге представитель ОСК презентовала производственные и технологические возможности конструкторского бюро и верфей корпорации по созданию отечественных подводных манифольдов для Южно-Киринского газоконденсатного месторождения (фаза-2) в Охотском море, разработку которого осуществляют структуры ПАО «Газпром».

ОСК уже имеет опыт изготовления в 2019 году опытного образца первого отечественного кустового подводного манифольда в рамках государственной программы «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений».

Кустовой подводный манифольд представляет собой приемно-распределительный коллектор с арматурой, применяемый для сбора пластовой продукции и распределения реагентов с последующей транспортировкой. Манифольд устанавливается на донную опорную плиту, обеспечивающую восприятие любых нагрузок в процессе эксплуатации. Специальная интегрированная защита надежно предохраняет его от случайных повреждений и внешних механических воздействий. Расчетная глубина установки достигает 500 м.

В своем докладе на круглом столе «Техника и технологии проведения подводно-технических работ при освоении морских углеводородных месторождений» **Наталья Ошикер** продемонстрировала полный цикл планируемого изготовления манифольдов на предприятиях ОСК.

«Предстоящая локализация производства подводных манифольдов на мощностях ОСК демонстрирует готовность российской судостроительной отрасли к самостоятельной сборке и испытаниям оборудования систем подводной добычи, соответствующего требованиям надежности и промышленной безопасности. А также подтверждает статус ОСК как надежного стратегического партнера ведущих российских компаний нефтегазовой отрасли при реализации масштабных шельфовых проектов, способного консолидировать инженерные и производственные компетенции судостроительных предприятий для выпуска критически важного подводного оборудования. На сегодняшний день нами подписано рамочное соглашение с компанией «ГЛ Инжиниринг» о проектировании и поставке оборудования подводных добычных комплексов», — подчеркнула Наталья Ошикер.

Для производства оборудования систем сбора газа ОСК определены наиболее подходящие по производственным возможностям, опыту и логистике предприятия корпорации: Центр судоремонта «Звездочка» и Амурский судостроительный завод. В кооперации также задействовано как разработчик конструкторское бюро ОСК «Малахит», имеющее опыт создания опытного образца кустового манифольда и возможности для проектирования систем подводной добычи. Оно назначено проектировщиком рабоче-конструкторской и эксплуатационной документации. На основании полученных исходных данных предприятиями ОСК уже разработаны принципиальные технологии производства оборудования с вариантами его погрузки на транспорт, рассчитана предварительная трудоемкость изготовления систем с включением в перспективную производственную программу верфей.



Подводный манифольд



АО «НПО «Каскад» - российское предприятие полного технологического цикла: от проектирования до серийного выпуска электротехнических комплектующих в морском, общепромышленном и атомном исполнении, в том числе прямоугольных соединителей серии СП и СПМ с электрическими и оптическими контактами - аналогов разъемов Han (Harting), HDC (Weidmüller), HEAVYCON (Phoenix Contact), ILME и др.



✓ **СОЕДИНИТЕЛИ** для применения в условиях воздействия радиации и высоких температур с корпусами из нержавеющей стали

✓ **СОЕДИНИТЕЛИ** серии СП и СПМ, СНП425, СНП412, СКП403

✓ **ВЫДВИЖНЫЕ** модули НКУ блочно-модульной конструкции и их наполнение

✓ **КАБЕЛЬНЫЕ СБОРКИ** по техническому заданию заказчика

АО «НПО «Каскад»
428027, Россия, г. Чебоксары,
ул. Хузангая, дом 18, корпус 1

Основное производство
428028, Россия, г. Чебоксары,
пр. Тракторостроителей, д. 82

- ✓ **СОЕДИНИТЕЛИ ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ**
- ✓ **СОЕДИНИТЕЛИ ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ИНТЕРФЕЙСНЫЕ**
- ✓ **НИЗКОЧАСТОТНЫЕ СОЕДИНИТЕЛИ**
- ✓ **СИЛОВЫЕ СОЕДИНИТЕЛИ**

market@npokaskad.ru

8-800-500-55-19
бесплатный звонок по России

Сертификат соответствия СМК требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ РВ 0015-002-2020, ГОСТ РВ 0020-57.412-2020

Свидетельство о типовом одобрении РМРС

Лицензия Ростехнадзора на право проектирования и изготовления оборудования для атомных станций

Сертификат соответствия директивам Евразийского экономического союза (ЕАЭС)

Аккредитованная лаборатория АО «НПО «Каскад»
(аттестат аккредитации №РА.RU.10НА928 от 06.10.2021г.)

Изделия АО «НПО «Каскад» включены в Реестр российской промышленной продукции в соответствии с ПП РФ от 17 июля 2015 г. №719



МАЛОЛЕТНИЕ УЗНИКИ ФАШИЗМА

ДЕТСТВО, ПОТЕРЯННОЕ В ВОЙНЕ

Наша страна и весь мир в 2025 году отметили 80-летие Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. над фашизмом и нацизмом. Война и Победа, бывшие тогда для миллионов советских людей периодом подвига и трагедий, стали историей. В этой истории тогда были свои творцы, свои свидетели, а потом появились целые поколения не только интерпретаторов истории, но и её теперешних фальсификаторов.

Среди творцов и свидетелей истории самой кровопролитной войны человечества были две основные группы:

- воины Красной Армии и труженики тыла, ковавшие Победу;
- жертвы фашистских жестоких преступлений против мирных жителей на оккупированных территориях нашей страны, Европы и Германии.

Среди этих жертв особое место занимают малолетние узники фашистских концлагерей, гетто, тюрем, маршевых колонн и других мест принудительного содержания, созданных фашистами и их союзниками.

Впервые в мировой истории Гитлер, вермахт, СС, СД, наука, образование, медицина, промышленность, сельское хозяйство сделали безвинных и беззащитных советских детей объектом и целью войны. Детей расстреливали, сжигали, топили, морили голодом и рабским трудом, из них выкачивали кровь для раненых фашистских солдат, на них проводили псевдомедицинские эксперименты, их онемечивали, лишая родины и родных. Нам очень тяжело вспоминать то время. У каждого ребенка, из миллионов прошедших через фашистскую неволю, была своя судьба и своя история. И все они сложились в единую историю потерянного детства и потерянных детских жизней. У всех малолетних узников фашизма были только две дороги – умереть или вопреки всему выжить. Выжить нужно было для того, чтобы не забыть, не простить бесчеловечности и зверств фашистских палачей, чтобы предупредить новые поколения об опасности возрождения неонацизма.

ГОДЫ И СОБЫТИЯ ВОЙНЫ

В конце лета – начале осени 1941 года после отступления Красной Армии фашистские войска вошли на мою малую родину – село Чаянка Брасовского района Орловской (теперь Брянской) обла-



Н.А. Махутов

Член-корреспондент АН СССР - РАН,
председатель Международного
союза бывших малолетних узников фашизма

сти. Уже в первые часы нашествия, когда мы, дети, бросились смотреть на движущиеся танки, которые мы по ошибке считали нашими, налетели немецкие самолеты, раздались пулеметные очереди и часть детей погибла. Это была первая детская кровь и первые слезы наших матерей.

А потом, до августа 1943 г., мы узнали, что такое оккупация, действия полицая, уничтожение карательными дивизиями шести тысяч членов семей партизан, коммунистов. Это творилось в тюремных застенках, в некогда знаменитой царской конюшне и у огромного рва на территории кладбища. Руководил карательной дивизией т.н. Локотской республики наш земляк, предатель и преступник Каминский, дослужившийся до звания генерала СС.

После разгрома фашистских полчищ у Сталинграда и победного сражения на Курской дуге началось их отступление. В августе 1943 г. наша семья (моя мама, старший брат, младшая сестра и я) вместе с другими семьями из нашего района оказалась в маршевых колоннах заложников, прикрывающих с двух сторон немецкие отступающие танки, бронемашин, войска. С августа до начала октября 1943 г. мы прошли пешком по жарким, пыльным, дождевым и грязным дорогам Брянской и Смоленской областей. Это почти 600 километров. Непрерывные налеты советской авиации, партизанские засады, бомбы, взрывы были посто-

янными спутниками. В этих случаях фашистские конвоиры и полиция не давали нам разбежаться и укрываться - они гнали детей и женщин на партизанские мины. Погибавшие от отсутствия воды и пищи, расстрелов, взрывов оставались на нашем долгом пути.

После стабилизации фронта осенью 1943 г. мы стали не нужны фашистам. И тогда в Белоруссии, под Лепелем, был создан концлагерь для нас. На краю леса часть территории была обнесена колючей проволокой, установлены охранные вышки с пулеметчиками. Здесь не было привычных концлагерных барачков. Люди создавали укрытия из упавших деревьев, кустов, елового лапника. Наступившие холода и голод уносили жизнь. Умершие и замерзшие люди были везде на территории. В конце декабря 1943 г. партизаны ночью совершили налет на военный склад у Лепеля. Почти вся охрана лагеря была снята и отправлена в зону взрыва. Партизаны перерезали колючую проволоку и приказали нам разбежаться.

Мы долго бродили по лесным тропкам, спасаясь от карателей. Это были очень тяжелые времена. Среди белорусского населения немцы распустили слух, что здесь бродят бандиты, отравляющие колодцы, сжигающие дома - нас надо ловить.

Свое спасение мы нашли на территории Бешенковичского района в зоне действия знаменитого партизанского отряда В.В. Родионова. Фашистские каратели постоянно предпринимали атаки на партизан, убивая мирных жителей. В начале мая 1944 г. наши войска вновь начали наступление. Партизаны устроили засады для поражения отступающих солдат вермахта. Но превосходящими силами фашистов с применением авиации, артиллерии и танков партизанский отряд в смертельном бою был почти полностью уничтожен. В эти дни мы с братом потерялись и вновь были схвачены в заложники. Прошли в маршевых колоннах до границы с Польшей. Под Лидой в Гродненской области я остался один, без помощи брата. Началось движение уже по польской земле.

В июле 1944 г. быстрое продвижение Красной Армии позволило нам обрести долгожданное освобождение. Минуты, когда уже наш танкист поднял меня на руки, поцеловал и дал совсем забытую мной шоколадку, никогда не уйдут из памяти. Освобождение было нашим вторым рождением. Между первым и вторым рождением пролегла моя самая страшная дорога длиной в 900 километров.

Через разрушенный Минск, спецпроверки освобожденных в августе 1944 г. мы вернулись в Чаянку.

ТРУДНОЕ И ПАМЯТНОЕ ПОСЛЕВОЕННОЕ ВРЕМЯ

Зима 1944 – 1945 гг. была очень сложной. Наш дом сожгли фашисты. Жили в сооруженной нами же землянке. Я пошел в школу. Это было здание сохранившейся церкви. Одна учительница на четыре класса. Вместо тетрадей писали на немецких листовках и газетах, чернила делали из копти от сожженной резины и растертой свеклы.

После окончания школы в 1954 г. я поступил в Московский авиационный технологический институт, а в 1959 г. – в его аспирантуру. С 1959 г. работаю в одном и том же Институте машиноведения Академии наук СССР – Российской академии наук. За 65 лет работы я защитил кандидатскую (1964 г.) и докторскую (1974 г.) диссертации, в 1987 г. избран членом-корреспондентом АН СССР, в 1988 г. стал профессором. Опубликовал более 1500 статей и докладов, 90 книг, подготовил более 60 кандидатов и докторов наук. Награжден 5 орденами и 7 государственными медалями, имею 5 международных медалей, являюсь лауреатом Государственной и 4 Правительственных премий в области науки. Главным считаю 70-томное издание «Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты», в котором я являюсь научным руководителем и одним из авторов.

СОХРАНЕНИЕ ИСТОРИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ

Те дети, кто выжил в фашистских концлагерях, гетто, тюрьмах и маршевых колоннах, смогли найти друг друга и объединиться. 22 июня 1988 г. в Киеве, в доме офицеров, был создан наш союз – в память о первом дне начала войны и в память о нашем великом Советском Союзе. С 1992 г. он официально стал Международным союзом бывших малолетних узников фашизма (МСБМУ). Я его возглавляю уже 33 года. В его состав входили национальные союзы Армении, Белоруссии, Казахстана, Латвии, Литвы, Молдавии, России, Узбекистана, Украины, Эстонии, а также ассоциированными членами были объединения узников Болгарии, Германии, Польши, Словении, Чехословакии. Россия и Москва были духовными центрами движения малолетних узников фашизма. За прошедшие годы объединенные в союз их отделения дети-узники провели огромную патриотическую и воспитательную работу.

Десятки памятных комплексов, сотни мемориальных памятников и досок, тысячи экспонатов в центральных, региональных и школьных музеях, сотни книг воспоминаний, фильмов, страницы единственной в мире газеты узников фашизма «Судьба» унесут в будущие времена неискажен-



Фашистское нашествие



Фашистское нашествие



Детские страдания

PS. Я выражаю благодарность журналу «Морская наука и техника» за благородное дело освещать на своих страницах материалы в блоке «Историческая память», а также материалы Межведомственного экспертного совета (МЭС) по безопасности морских трубопроводов и объектов.

Мне как научному работнику и председателю МЭС вместе с моими коллегами довелось трудиться над проблемами реакторов ряда поколений для атомных подводных лодок и ледоколов, для добычных подводных комплексов на шельфе, для морских подводных трубопроводов и оборудования морских платформ, для подводных газонефтевозов.

Результаты моей работы отмечены двумя «Благодарностями» Президента Российской Федерации В.В. Путина за значительный вклад «в развитие отечественной науки» (2024 г.) и «в развитие просветительства и сохранения духовно-нравственных традиций» (2022 г.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Махутов Н.А. Жестокие уроки истории. – М.: Библиотека просветителя, 2015. – 48 с.
2. Махутов Н.А. Память. Скорбь. Победа. – М.: МГОФ «Знание», 2016. – 80 с.
3. Махутов Н.А. Малолетние узники фашизма. – М.: МГОФ «Знание», 2020. – 212 с.
4. Махутов Н.А. Международный союз малолетних узников фашизма. – М.: МГОФ «Знание», 2025. – 712 с.



**НИКТО НЕ ЗАБЫТ,
НИЧТО НЕ ЗАБЫТО**

ную правду и неповторимость каждой детской трагедии и достойной жизни. Ещё раз войти в мир детских утраченных надежд, мир недетских усилий по выживанию в неволе, в мир нашего освобождения героизмом русского солдата и всего советского народа призывают наши ежегодные митинги 11 апреля у мемориального комплекса «Трагедия народов» на Поклонной горе в Москве в Международный день освобождения узников концлагерей и ставшие систематическими одиннадцатые Международных антифашистских форумов в сентябре, в Международный день памяти жертв фашизма.

Символами героизма и трагизма детей Великой Отечественной войны стали фашистский солдат, стреляющий в нашу мать с ребенком на руках, и русский солдат, поразивший фашизм и спасший немецкую девочку.

Гвардии майор М. И. Волконский: У ИСТОКОВ РОССИЙСКОГО СЛЕДСТВИЯ

В 2013 г. по инициативе Следственного комитета Российской Федерации учреждён ежегодный профессиональный праздник – День сотрудника органов следствия Российской Федерации¹. Выбор указанной даты обусловлен тем, что 25 июля 1713 г. был издан именным указ о создании следственной канцелярии М. И. Волконского², которая, как установил доктор исторических наук Д. О. Серов³, стала первым отечественным органом предварительного расследования.

Названные следственные канцелярии подчинялись непосредственно главе государства. Таким образом впервые в отечественной истории произошло воплощение на практике вневедомственной модели организации следственного аппарата, что, спустя почти три века, в русле поиска новых форм противодействия преступлениям против интересов государства и общества, вновь становится одним из условий успешного развития российской государственности.

В контексте изложенного, становится актуальным изучение и самой личности руководителя первой следственной канцелярии гвардии майора Михаила Ивановича Волконского. Исключительно интересной и глубоко трагичной одновременно.



СЛУЖБА В ГВАРДИИ

Наиболее полные сведения о лейб-гвардии Семеновском полку собраны военными историками П. Н. Дириным и П. П. Карцовым⁴, к ним и обратимся.

«Как совершалось формирование Семеновского полка, тоже определено не известно. В делах полка нет никаких следов, доказывающих несомненное существование его до 1698 года»⁵. И данный факт, безусловно, важен, ведь М. И. Волконский проходил службу в гвардии, именно с 1698 г.⁶, то есть с самого момента формирования полка, причем вошел в состав полка, будучи офицером, начинавшим службу еще в Семеновской потешной роте.

Среди 46 обер-офицеров первого состава, наряду с известным княжеским отпрыском капитаном Яковом Лобановым-Ростовским, впоследствии ставшим очень известным капитаном Иваном Дмитриевым-Мамоновым, числился поручик князь Михаил Волконский⁷ и его однофамилец прапорщик князь Василий Волконский. Из эпизодов боевого пути М. И. Волконского бесспорно известно его участие во взятии крепости Нотебург осенью 1702 г.

В результате боя, старинный русский город, раньше называвшийся Орешком, вернулся в русские владения и был переименован в Шлиссельбург. Наряду с другими офицерами капитан-поручик Семеновского полка князь М. И. Волконский получил денежную награду и произведен в капитаны⁸.



М.И. Волконский
почтовая открытка
(художник – И.О. Муротьян, 2022 г.)



Еще одним памятным эпизодом с участием князя М. И. Волконского стал бой в устье реки Невы — морское сражение, состоявшееся 7 мая 1703 г. между тремя десятками лодок с солдатами Преображенского и Семеновского гвардейских полков под командованием Петра Первого и А. Д. Меншикова и двумя небольшими кораблями «Гедан» и «Астрильд» шведского флота, пришедшими в составе эскадры на помощь крепости Ниеншанц (на месте нынешнего Санкт-Петербурга).

В ходе непродолжительного боя оба шведских корабля были взяты на абортдаж. Условно бой можно назвать первым морским сражением русского флота. Сегодня дата 18 мая считается днем рождения Балтийского флота.

«За эту викторию бомбардирского капитана Петра Михайлова пожаловали Андреевским кавалером, офицерам даны золотые медали с цепями, а солдатам — малые без цепей. На взятые этих судов выбита медаль, на которой изображено было морское сражение, а в облаках рука, держащая корону и пальмы, с надписью: «Небываемое бывает»»⁹.

Из 300 человек, участвовавших в этой схватке со шведами, был убит 1 обер-офицер, 19 — нижних чинов, а среди 19 раненых обер-офицеров также числится капитан князь Волконский¹⁰. Инициалы, к сожалению, ни одним из авторов не упомянуты, однако к этому моменту М. И. Волконский уже был капитаном, потому с высокой долей вероятности осмелюсь предположить, что речь идет как раз о нашем герое.

Непосредственное участие князя М. И. Волконского в военных кампаниях Петра I с участием Семеновского полка в период с 1700 по 1713 г. требует дополнительного изучения, хотя, по крайней мере, он не значился в списках раненых за этот период.

Между тем, военными историками довольно ярко резюмирован вклад М. И. Волконского в развитие гвардии: *«Благодаря постоянному возрастанию милостивому отеческому участию к полку государя и при усилиях командира полка князя Голицына и штаб-офицеров подполковника Ефима Вестова и майоров: Михаила Волкова, Ивана Дмитриева-Мамонова и князя Михаила Волконского, полк стал мало-помалу устраиваться. Если мы привели здесь имена батальонных командиров, то это не без основания; при таком составе штаб-офицеров не трудно было полку поправиться; все они впоследствии командовали полком и имели влияние не только на Семеновский полк, но и на Преображенский, сумев показать на деле свои дарования и первые положив начало прочной организации и администрации гвардии»¹¹.*

ВО ГЛАВЕ СЛЕДСТВЕННОЙ КАНЦЕЛЯРИИ

Со временем военнотруженики Преображенского и Семеновского полков стали привлекаться к процедуре следствия и суда. При этом гвардейцам поручали расследования самого разного порядка, начиная от бытового воровства и заканчивая делами о государственных преступлениях и коррупции.

Находясь в ведении Преображенского приказа, основного следственного органа страны, а также размещаясь в Преображенском и Семеновском селах, где *«всякие розыски... бывали»¹²*, гвардейцы любого ранга привлекались к следствию на всех его этапах¹³.

Гвардейцы могли и непосредственно расследовать дело. Так, начавшийся в 1713 году розыск по делу архангелогородского вице-губернатора А. А. Курбатова, Д. А. и О. А. Соловьевых проводил майор Семеновского полка Михаил Волконский. Дело это оказалось довольно запутанным, усложнялось *«подковёрной»* борьбой противоборствующих кланов двух особо приближенных к царю лиц — А. Д. Меншикова и В. В. Долгорукова¹⁴.

Братья Д. А. и О. А. Соловьевы, пользуясь должностным положением, организовали контрабанду русских товаров (хлеба) через Архангельск, уклоняясь от таможенных пошлин. Узнав о контрабанде А. А. Курбатов написал об этом письмо Петру I¹⁵. В ходе расследования злодеяний братьев Соловьевых, М. И. Волконский сосредоточил усилия на изучении деятельности самого архангелогородского вице-губернатора и непосредственного инициатора дела А. А. Курбатова.

Даже в текст упомянутого именного указа от 25 июля 1713 г. об основании следственной канцелярии М. И. Волконского было в последний момент внесено добавление, касавшееся близкого к А. А. Курбатову устюжского комиссара С. М. Акишева. Причем это добавление было внесено в указ не рукой секретаря Петра I А. В. Макарова (судя по всему, автора исходного варианта проекта указа), а рукой состоявшего тогда при царе секретаря Польской канцелярии В. В. Степанова.



«Ехать ему в город Архангельск...» Указ майору от гвардии Волконскому, 25 июля 1713 г. (Студия военных художников имени М.Б. Грекова, автор — В.А. Мокрушин, 2022 г.)

Насколько можно понять, доверительно связанный с А. А. Курбатовым Алексей Макаров, не сумев предотвратить новой редакции указа, постарался *«прикрыть»* архангелогородского вице-губернатора дополнительными распоряжениями М. И. Волконскому¹⁶. По всей видимости, именно под влиянием Алексея Васильевича Петр I приказал майору, чтобы до окончания следствия о Д. А. Соловьеве он не

принимал во внимание никакие обвинения против Алексея Курбатова, *«ибо когда вице-губернатор на Соловьева прежде объявил, то и розыскивать о нем прежде надобно»¹⁷.*

Именно это дополнение дало возможность М. И. Волконскому переориентировать следствие, не сочтя нужным ни взять Д. А. Соловьева под стражу, ни произвести выемку его служебных документов, ни допросить его помощников. Со всей энергией князь Михаил Иванович принялся отыскивать «вины» А. А. Курбатова и служащих губернской администрации¹⁸. На основании сведений, предоставленных М. И. Волконским, царь сместил А. А. Курбатова с должности. Главой архангелогородской администрации вместо А. А. Курбатова был временно назначен князь В. И. Гагарин, которого 24 мая 1714 г. сменил П. Е. Лодыженский¹⁹.

Неудивительно, что деятельность — и саму личность — М. И. Волконского эмоциональный А. А. Курбатов неизменно характеризовал в самых мрачных тонах. Так, в 1716 г. опальный вице-губернатор писал, что *«мазор чином он, Волконской, царского величества нарядной преступник, его величества вымышленной оболгатель, указы его государева непослушник, многих государственных интересов повредитель, лукавой прикрыватель и сам повредитель и хищник, многих напрасный разоритель и кровопийца и мучитель, злодейственный вор и коварный составщик и лакомый мздоимец, и давно обыкший ябедник и ученик богопротивного волшебства...»²⁰.*

Через год М. И. Волконский был отозван из Архангельска и отстранен от ведения дела в связи с подозрениями во взяточничестве, а чуть позднее и вовсе отстранен от расследования. По сложившейся традиции дело перешло в ведение следственной канцелярии другого гвардейца Г. И. Кошелева и дьяка Ф. Д. Воронова²¹.

Попытки Михаила Ивановича помешать действиям преемников, затягивая передачу материалов следственного дела, не увенчались успехом. В декабре 1716 г. Петр I приказал силой изъять у майора еще оставшиеся у него материалы. Одновременно царь дал Г. И. Кошелеву санкцию на арест бывшего следователя²².

Случаи такого рода не были массовыми, ведь любой гвардеец, отправляясь *«по государеву делу»*, отчетливо понимал, что ответ за результаты выполнения поручения придется держать непосредственно перед Петром I, а контроль за проделанной работой и возможное преследование по любому мелкому правонарушению, возникшему в ходе выполнения задания, будут осуществлять вездельные сослуживцы-гвардейцы, скорые и жестокие на расправу.

Небезынтересно окончание этой истории... В результате долгих разбирательств в целом ряде майорских следственных канцелярий (Г. И. Кошелева, М. А. Матюшкина, Г. Д. Юсупова) братья Соловьевы, злоупотреблениями которых и надлежало заниматься князю, были приговорены в 1719 г. лишь к конфискации имущества, избежав эшафота²³. Дело же самого М. И. Волконского было завершено намного раньше (в 1717 г.) и закончилось вынесением гвардейцу смертного приговора.

Нелегко пришлось и А. А. Курбатову, перед которым раскрывались не менее зловещие перспективы. Возглавивший следствие в отношении братьев Соловьевых гвардии майор М. А. Матюшкин фактически привел дело к развалу. И такая позиция ветерана боев под Полтавой и Прутом была продиктована элементарной безопасностью, в случае излишнего рвения он рисковал слишком многим. В отличие от покойного князя М. И. Волконского, Михаил Афанасьевич был умереннее и в своих обвинениях в адрес А. А. Курбатова, вменив ему наче по 12 эпизодам в размере 16272 рубля²⁴. Этого вполне хватало для смертного приговора, однако оказаться в руках палача, ему было не суждено: бывший прибыльщик умер собственной смертью, так и не будучи осужден²⁵.

Историк Д. О. Серов, занимавшийся изучением этого дела, пришел к выводу, что столь суровый приговор М. И. Волконскому был связан и имел причиной борьбу правительствующих группировок, в частности с конфликтом В. В. Долгорукова и А. Д. Меншикова, чьим ставленником и являлся майор²⁶.

Очевидно, что принадлежность М. И. Волконского к гвардии сыграла свою роль в этой истории. Французский резидент А. де Лави, неплохо ориентировавшийся в российской действительности, расценил дело Волконского, имевшее серьезный резонанс, как своего рода внутреннюю гвардейскую историю. То есть случай, произошедший в гвардии и сказавшийся на настроении последней.

В силу особого положения гвардии в системе российской государственности, искоренение здесь непослушания и малейших коррупционных проявлений было чрезвычайно значимо для императора, а потому, вероятно, Петр I полагал необходимым устраивать в гвардии своего рода *«показательные порки»*. Неизбежность жестокого наказания в таких ситуациях была очевидной²⁷.

Повествуя о появлении майорских следственных канцелярий, А. де Лави привел следующую речь, якобы адресованную российским монархом к высшим чинам гвардии: *«Он (Петр I) призвал их*



«Как добрым и честным офицерам надлежит...», Наказ следственным канцеляриям, 9 декабря 1717 г. (Студия военных художников имени М.Б. Грекова, автор — В.А. Мокрушин, 2022 г.)



М.И. Волконский, бронзовый барельеф
(Студия военных художников имени М.Б. Грекова,
автор – А.Д. Чебаненко, 2022 г.)

к себе и сказал им: «Братцы, не имея никого, кому бы я мог довериться более, чем вам, назначаю вас судьями лиц, обманувших меня и злоупотребивших своей властью во время моего отсутствия; пусть ваши суждения руководствуются внушениями совести, а исполнение приговоров отложится до моего возвращения из Москвы; имейте в виду пример вашего товарища князя Волконского, я поступлю так же со всеми, кто станет подражать ему, и награжу честность и прямоту других»²⁸.

Монахов Артем Андреевич,
заместитель руководителя Культурного центра Следственного комитета Российской Федерации

В указе от 9 декабря 1717 г. «О порядке деятельности и компетенции следственной канцелярии ведения Г. И. Кошелева и Ф. Д. Воронова»²⁹ Петр I еще раз наставительно просит «как пред Богом и светом доброй ответ дать так, как добрым и честным афицерам надлежит, без всяких приказных крючков, но яко правдивому судье и ищущему быть надлежит. Ежели ж какая мана, взятки или иная правды лишенная причина сыщется, то без всякой пощады лишены будете живота и чести (ибо пример видите бывшего маёра Волконского)».

Гвардии майор М. И. Волконский был расстрелян. Между тем, понимание Петром I того, что гвардеец способен совершать ошибки, не снижало для него значимость гвардии как целостной структуры. Именной указ от 23 декабря 1717 г. «О бытии у розыскных дел гвардии штаб-и обер-офицерам»³⁰, законодательно оформлявший деятельность майорских следственных канцелярий, появился всего через несколько дней после упомянутой казни М. И. Волконского за злоупотребления³¹.

Таким образом, делают вывод историки³², случай с М.И. Волконским был расценен как частность, не имеющая отношения к общему процессу. Случайностью, вероятно, считалось и вынесение пристрастных приговоров гвардейцам при рассмотрении некоторых дел о коррупции. Виновные неизменно подвергались жестоким наказаниям, а система продолжала работать³³. Как бы то ни было, имя князя М. И. Волконского навсегда осталось в истории судебной и правоохранительной системы России, а его трагическая линия судьбы – одним из штрихов бурной эпохи преобразований Петра I.

¹ Постановление Правительства от 27.08.2013 г. № 741 «О дне сотрудника органов следствия Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации, 2013. № 35. Ст. 4526.

² Подлинник именного указа от 25 июля 1713 г. см.: РГИА, ф. 1329, оп. 1, кн. 27, л. 1.

³ «И по делам всем, что есть, следовать»: документы об организации и деятельности первых отечественных органов предварительного следствия. 1713–1728 гг. / Публ. Д. О. Серова // Исторический архив. 2006. № 2. С. 192–206; Серов Д. О. «Регулярное государство» в поисках организационных форм противодействия должностной преступности: следственная канцелярия М.И. Волконского (1713–1715 гг.) // Проблемы истории местного управления Сибири конца XVI–XIX веков: Матер. IV региональной научной конференции. Новосибирск, 1999. С. 157–162.

⁴ Карцов П. П. История лейб-гвардии Семеновского полка. СПб., 1852; Дирин П. Н. История лейб-гвардии Семеновского полка. СПб. 1883.

⁵ Карцов П.П. Указ. соч. С. 16.

⁶ Болтунова Е. М. Гвардия Петра Великого как военная корпорация. М., 2011. С. 72.

⁷ Карцов П.П. Указ. соч. С. 19–20.

⁸ Карцов П.П. Указ. соч. С. 54.

⁹ Дирин П.Н. Указ. соч. С. 62.

¹⁰ Там же. С. 61; Карцов П.П. Указ. соч. С. 57.

¹¹ Дирин П.Н. Указ. соч. С. 122.

¹² Желябужский И.А. Записки. СПб., 1840. С. 50.

¹³ Болтунова Е. М. Указ. соч. С. 62.

¹⁴ См. черновой проект «Указа маёору от гвардии Волконскому» от 25 июля 1713 г.: РГАДА, ф. 9, отд. 1, кн. 58, л. 5–5 об.

¹⁵ См. письмо А.А. Курбатова Петру I от 12 февраля 1713 г. // РГАДА, ф. 9, отд. 2, кн. 23, л. 95–95 об.; 200-летие Кабинета его императорского величества. 1704–1709: Историческое исследование. СПб., 1911. Приложения. С. 8–9.

¹⁶ См. черновой отпуск письма А. В. Макарова Михаилу Волконскому

от 27 июля 1713 г.: Там же, л. 6 – 6 об.).

¹⁷ Серов Д. О. Администрация Петра I. 2-е изд. М., 2008. С. 210.

¹⁸ Там же. С. 189.

¹⁹ РГАДА, ф. 26, оп. 2, кн. 193, ч. 1, л. 248 об.

²⁰ Там же, ф. 9, отд. 2, кн. 27, л. 782.

²¹ Болтунова Е.М. Указ. соч. С. 72.; Серов Д. О. Администрация Петра I. С. 191.

²² См. черновой отпуск письма В.В. Долгорукова Г.И. Кошелеву от 28 декабря 1716 г. // РГАДА, ф. 9, отд. 1, кн. 58, л. 36. Сведения о попытках М. И. Волконского препятствовать деятельности следственной канцелярии Г.И. Кошелева и Ф.Д. Воронова см. в письмах А.А. Курбатова Петру I от 18 июня и от 26 октября 1717 г., а также в письме Федорова Воронова А. В. Макарову от 20 ноября 1716 г. // Там же, отд. 2, кн. 37, л. 784–784 об., 802–802 об., кн. 95, л. 711 об.–712.

²³ Д. А. и О. А. Соловьевы были освобождены на поруки согласно распоряжению Петра I от 21 октября 1721 г. (РГАДА. Ф. 1452. Оп. 1. Кн. 13. Л. 74).

²⁴ Серов Д. О. Администрация Петра I. С. 201.

²⁵ Он же. Строители империи. Очерки государственной и криминальной деятельности сподвижников Петра I. Новосибирск, 1996. С. 202–203.

²⁶ Там же. С. 125–126.

²⁷ Болтунова Е.М. Указ. соч. С. 73.

²⁸ Донесение де-Лави от 29 декабря 1717 г. // Сборник ИРИО. Т. 34. С. 278.

²⁹ РГИА, ф. 1329, оп. 1, кн. 27, л. 68–68 об.

³⁰ ПСЗ. Т. 5. № 3138.

³¹ Соловьев С. М. История России с древнейших времен. М., 1962. Кн. 8. С. 511.

³² Болтунова Е.М. Указ. соч. С. 188.

³³ Материалы по истории крестьянского и помещичьего хозяйства... С. 378.



«МИНОГА»

О ПЕРВОЙ В МИРЕ ДИЗЕЛЬ-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОДВОДНОЙ ЛОДКЕ

Смертельно опасным оружием подводные лодки стали только после появления в начале XX века дизельных двигателей на субмаринах. Именно дизель-электрические двигатели позволили подводным лодкам плавать с необходимой скоростью и на достаточные расстояния, чтобы перехватывать торговые суда и стать реальной опасностью для боевых кораблей противника.

В начале XX века Россия входила в число самых развитых и благополучных стран мира, а по темпам роста национального дохода, производительности труда и уровню концентрации производства ей вообще не было равных.

Страна переживала настоящий технологический бум. Российские корни у первых в мире: самолёта, электрического трамвая, лампы накаливания, радиотелеграфа, ранцевого парашюта, арктического ледокола... Первая в мире дизель-электрическая подводная лодка «Минога» тоже была русской.

ГЛАВНЫЙ КОНСТРУКТОР

Появление «Миноги» связано с уроками Русско-Японской войны 1904–1905 гг., в которой впервые в военной истории участвовали подводные лодки.

12 миноносок, как еще тогда называли подлодки, были доставлены на Дальний Восток для усиления русского флота по самой длинной железной дороге в мире — Транссибу. Это была беспрецедентная перевозка кораблей водоизмещением более 100 тонн на расстояние около 10 тысяч километров — от Балтики к Тихому океану.



Атака подводной лодки «Сом» японских миноносцев, 1905 год.

Подлодку спустили на воду 11 октября 1908 года. Первым русским субмаринам предпочитали давать «рыбные» имена: «Осетр», «Кефаль», «Сиг», «Плотва» «Сом», «Форель» и т.д. Отсюда и «Минога».

Характеристики «Миноги» по современным меркам скромны: подводное водоизмещение 142 тонны, скорость под водой 5 узлов, вооружение — два торпедных аппарата. Но для начала XX века это был настоящий прорыв. На основе «Миноги» стали создаваться подводные лодки в США и Англии.

Уже в ходе войны стало очевидно: невозможно обойтись подлодками небольшого водоизмещения и для охраны водного района, и для действий на коммуникациях противника. Поэтому Морской технический комитет (МТК) принял решение о начале работ над созданием лодок двух новых типов: крейсерской - с большим (350–400 тонн) водоизмещением, действующей в открытом море, и небольшой - водоизмещением 100–150 тонн для охраны побережья. Следует учесть, что это было время, когда во всех флотах мира подводные лодки считались пригодными только для обороны побережья, и никто не думал о выходе на морские просторы. Так что решение русского МТК — это прозорливый взгляд в будущее.

В качестве лодки второго типа и была спроектирована «Минога». Её создатель корабельный инженер Иван Бубнов — главный конструктор русских подводных лодок начала XX века. Именно

Бубнов предложил революционную на тот момент идею установить на «Миноге» два более безопасных и надежных мотора конструкции Рудольфа Дизеля вместо бензиновых двигателей, в результате чего резко снизилась вероятность возникновения пожаров и взрывов и значительно увеличилась автономность корабля.

Кроме дизельных двигателей, «Миногу» отличало еще одно радикальное новшество — размещенные внутри корпуса трубчатые торпедные аппараты, что позволило не только повысить точность стрельбы, но и брать на борт запасные торпеды.

Подводные лодки, построенные по этим проектам, получили впоследствии названия «**Минога**» (малая) и «**Акула**» (большая). Обе лодки МТК посчитал *«опытными, постройка которых должна послужить к самостоятельному развитию отечественного подводного строительства»*.



Иван Григорьевич Бубнов (1872–1919) – выдающийся русский корабельный инженер. Создатель русской школы проектирования подводных лодок. Автор и участник создания проектов подводных лодок «Дельфин», «Касатка», «Минога», «Акула», типов «Барс», «Морж».



МТК одобрил проект Бубнова и 9 февраля 1906 года выдал Балтийскому заводу в Санкт-Петербурге наряд на строительство подводной лодки «Минога». В том же месяце была заказана сталь для корпуса и начата разработка рабочих чертежей.

Спуск подводной лодки на воду состоялся 11 октября 1908 года.

В октябре 1909 года «Минога», после заводских испытаний, вошла в состав Балтийского флота и начала свою службу.

Первым командиром «Миноги» был лейтенант А.В. Бровцын. Осенью 1912 года его сменил лейтенант А.Н. Гарсоев (Гарсоян), командовавший до этого подводной лодкой «Почтовый». Зимой 1912–1913 гг. «Минога» находилась в Порту Императора Александра III в Либаве (ныне Лиепая в Латвии) и обеспечивала занятия Учебного отряда подводного плавания.

КАК ДОЧЬ АДМИРАЛА СПАСЛА СУБМАРИНУ

По ходатайству Гарсоева команду «Миноги» заменил экипаж с подлодки «Почтовый», к которому лейтенант привык и сработался. Новое судно в ремонте не нуждалось, так что команда больше отдыхала, нежели изучала новую субмарину, полагаясь на свой опыт, приобретенный на «Почтовом». Расслабились... Чему, в известной мере, способствовало и увлечение молодого командира подлодки Еленой (Люси) Левицкой, дочерью командира бригады подводных лодок Балтийского моря контр-адмирала Павла Павловича Левицкого.

В конце концов девичье сердце дрогнуло, и Елена Павловна согласилась на вечерний променад с Александром Николаевичем. И хотя у Гарсоева на этот день (23 марта 1913 года) для тренировки команды было запланировано первое практическое погружение «Миноги» лейтенант посчитал, что к условленному времени встречи с Люси он успеет вернуться.

Но, как известно: «Человек предполагает, а Бог располагает».

При погружении по недосмотру одного из членов экипажа в машинное отделение хлынула вода и «Минога» затонула. «Причиной потопления на Либавском рейде подводной лодки «Минога», происшедшего 23 марта сего года, было то, что неубранный сверток ветоши и два семафорных флажка оставленный в кожухе рубки попал под клапан вентиляционной трубы, не дав возможности плотно закрыть его» — установила комиссия, расследовавшая эту аварию.

Командир затонувшей подлодки приказал отдать спасательный буй. Буй всплыл, к нему подошла шлюпка с конвоировавшего «Миногу» портового катера. Поняв, что лодка всплыть не может, катер отправился с тревожными гудками в гавань, но на подходе к Либаве сел на мель. Радиопередатчика на катере не было, а потому на берегу никто не узнал о случившемся ЧП.

Между тем события на лодке развивались по наихудшему сценарию: вода хлынула в машинное отделение, затопив аккумуляторные батареи, из которых начал выделяться хлор. Моряки, сгрудившиеся в противоположном конце лодки, вынуждены были дышать смесью ядовитых газов. На глубине 30 метров «Минога» превращалась в стальной гроб...

А в это время по набережной в одиночестве прогуливалась Елена Левицкая. Время бежало, но кавалер, приславший накануне свидания огромную корзину с лилиями, так и не объявился. Возмущенная Люси возвратилась домой и пожаловалась отцу на поведение офицера его бригады, который выставил её на посмешище: «Как он мог?!»

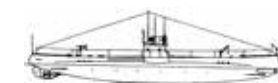
Отец-адмирал тут же звонит в штаб бригады и узнаёт, что ни «Минога», ни её катер-конвоир до сих пор с задания не вернулись...

Так началась спасательная операция. Вскоре обнаружили сидящий на мели катер и по указанным координатам нашли торчащую из воды корму подлодки. К месту аварии прибыли буксиры с водолазами, моряки и офицеры — слушатели Учебного отряда подводного плавания. Около часу ночи корма лодки была поднята и при свете прожектора на поверхности воды показался входной люк. Состояние большей части команды лодки и командира А. Гарсоева было столь тяжёлым, что, по мнению спасателей, *«...промедли Люси Левицкая в ожидании своего кавалера ещё минут тридцать-сорок и из лодки были бы подняты только бездыханные трупы»*.

Вот как рассказала о драме в Балтийском море самая влиятельная и массовая газета того времени «Русское слово»: «ПЕТЕРБУРГ, 28, III. (По телефону). В рапорте начальника первой минной дивизии Балтийского моря приводятся подробности аварии подводной лодки «Минога».

Как у нас уже сообщалось, команда лодки провела под водой более 10-ти часов. Внешнее состояние спасенных — сообщается в рапорте, — было ужасно после всего ими пережитого. Унтер-офицер Назаревский временно помешался. Минный машинист Крючков был без сознания. Боцман Обремский проявил признаки сумасшествия и был страшно слаб. Лейтенант Гарсоев, командир лодки, бывший в последнее время без сознания, пришёл в чувство, как только открыли люк.

Позже всех снят был с затонувшей лодки боцман Гордеев, который оказался в кормовой части, отрезанным от остальной команды. По докладу командира «Миноги» лейтенанта Гарсоева, поведение боцмана Гордеева во время аварии является выдающимся, выше всяких похвал. Ни на минуту не потерявший самообладания, подбадривавший всех окружающих нижних чинов личным примером и распорядительностью, боцман Гордеев принял командование лодкой от лейтенанта Гарсоева, позвавшего его с этой целью и сейчас же потерявшего сознание. Выносливость боцмана Гордеева изумительна. Он пробыл в затонувшей лодке дольше всех. Нам



сообщают, что весь экипаж подводной лодки «Минога» получит исключительные награды. Командир лодки получит следующий чин, боцман Гордеев будет произведён в офицеры, всем остальным будут пожалованы знаки отличия.»

По личному распоряжению Николая II, через 6 дней после аварии Гарсоеву присвоили чин старшего лейтенанта «за отличия по службе», боцманмат Гордеев стал унтер-офицером 2-й статьи. Начальство отметило: *«поведение рулевого боцманмата Гордеева во время аварии является выдающимся, выше всякой похвалы: ни на минуту не потерявший самообладания, подбадривающий всех окружающих нижних чинов словами, личным примером и распорядительностью, боцманмат Гордеев за несколько времени до того, как открыли люк, принял лодку от лейтенанта Гарсоева, позвавшего его с этой целью и сейчас же потерявшего сознание. Выносливость боцманмата Гордеева изумительна: он пробыл в затонувшей лодке дольше всех и был спасён около трёх часов ночи, от всякой помощи отказавшись, и сейчас же справился об участии командира и остальных нижних чинов»*.

Остальные все 18 подводников награждены Знаком отличия ордена Св. Анны. Команде был дан двухмесячный отпуск.

Из аварии был извлечен практический урок — на подводных лодках следующих проектов все клапана вентиляции стали открываться только внутри корпуса.

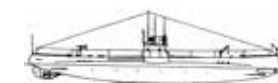


Авария навсегда подорвала Гарсоеву здоровье и оставила мертвенно-бледный цвет лица — результат отравления хлором и парами кислоты.

«Миногой» он командовал еще 8 месяцев.



Елена (Люси) Левицкая, адмиральская дочь и спасительница «Миноги».



История спасения подлодки породила среди флотских такую байку: «Барышням, состоящим в родстве с командирами бригад или дивизионов, в случае опоздания кавалера рангом выше мичмана на randevу следует незамедлительно оповестить об этом папеньку, особенно если папенька у нас адмирал».



«Миногу», поднятую со дна, доставили в Либаву и позже восстановили.

ПОКЛОН ПОДВОДНИКАМ

По одной из легенд, когда накануне Первой мировой в Адмиралтейство поступило ходатайство о повышении жалования подводникам, то его удовлетворили со словами: «Можно и прибавить, всё равно перетонут».

На подводных лодках первой четверти 20 века условия для отдыха экипажа были весьма скромны. Для офицеров была небольшая кают-компания, оборудованная по периметру узким диванчиком, таким же столиком и буфетиком. Нижние чины спали на рундуках для хранения мин. Свидетельство очевидцев: «Команда спит, хорошо, если, свернувшись «калачиком», а то, сидя или полустоя...». Тяжелые условия складываются для лиц, обслуживающих дизели – «огромные «швейные машины», дающие до 200 взрывов в минуту, плюют на подошедшего к ним близко горячим маслом...»

Общее впечатление от пребывания на подводной лодке один из журналистов резюмировал так: «Когда вы встречаете матроса, у которого на ленточке напечатано «подводное плавание», снимайте Вы скорее шляпу и кланяйтесь ему скорее вслед пониже; он этого вполне заслужил».

ВМЕСТО ЭПИЛОГА

Иван Григорьевич Бубнов — не только создатель русской школы проектирования подво-

дных лодок, но и руководитель разработки на Балтийском судостроительном заводе в Санкт-Петербурге линкоров — дредноутов типа «Севастополь».

Прожив всего 47 лет, он внес неоценимый вклад в развитие теории и практики отечественного кораблестроения. По его проектам были построены 32 подводные лодки и 7 российских линкоров.

Был награжден орденами Российской империи: Святого Станислава I, II и III степеней (1915, 1906, 1900), Святой Анны II и III степени (1910, 1903), Святого Владимира III и IV степени (1914, 1911), медалями.

Возвращаясь из командировки в начале марта 1919 года, он заразился тифом и скончался в больнице. Похоронили главного конструктора русских подводных лодок начала XX века в Санкт-Петербурге на Смоленском православном кладбище. Много позже на доме, где он жил, установили памятную доску.

Александр Николаевич Гарсоев после «Миноги» командовал новейшей подлодкой типа «Барс» — «Львицей». В Красном Флоте Гарсоев возрождал Учебный отряд подплава, создавал морские силы на Азовском и Черном морях, преподавал в Военно-морской академии, где организовал новую кафедру — тактики подводных лодок.

Из аттестации 1928 года, подписанной начальником Военно-Морских Сил РККА Р.А. Муклевичем: «Исключительно добросовестного отношения к делу. Работает не жалея себя. Огромные знания и феноменальная память. Подводное плавание, как своим сохранением, так и теперь новостройками, обязано А. Н. Гарсоеву весьма многим. Хороший, честный человек, но устал и требует любовного к себе отношения — приходится оберегать».

В 1931 году начальника дивизиона подводных лодок Александра Николаевича Гарсоева арестовали по ложному обвинению. Сидел он недолго — быстро разобрались и выпустили, однако и без того подточенное службой на подводках здоровье не выдержало и через год, в 1934 году, его не стало в возрасте 52 лет.

Александр Гарсоев до конца своих дней остался холостяком.

Елена Павловна Левицкая, сыгравшую фактически главную роль в спасении затонувшей «Миноги», не стала связывать свою жизнь с подводником-экстремалом и вышла замуж за судового врача крейсера «Авроры» Николая Ивановича Башкирцева. Пережила со старшей сестрой Марией (ослепшей от голода) блокаду Ленинграда. Сёстры Левицкие доживали вместе свой век и умерли с разницей всего в три месяца в 1979 году.

«Минога» Первую Мировую войну встретила в составе 1-го дивизиона Бригады подводных лодок Балтийского флота и совершила 14 боевых походов. Половина экипажа лодки была отмечена Георгиевскими крестами или медалями, причём некоторые получили по несколько георгиевских наград.



Команда подводной лодки «Минога» в годы Первой мировой войны. По штату экипаж лодки 22 человека: 2 офицера, 2 кондуктора и 18 нижних чинов. Ноябрь 1915 г.

После Октябрьской революции вошла в состав Красного Балтийского флота, а в ноябре 1918 года подлодку отправили по железной дороге в Саратов, откуда на буксире по Волге до Астрахани.

В составе Астраханно-Каспийской и Волжско-Каспийской флотилии участвовала в гражданской войне, в бою с английскими кораблями у форта Александровский (северо-западного побережье полуострова Мангышлак в Казахстане).

В 1925 году из-за износа всех механизмов «Миногу» исключили из состава РККФ и в Бакинском военном порту разобрали на металлолом.

«Минога» стала этапным проектом в отечественном подводном судостроении. 16-летняя служба подлодки подтвердила правильность конструктивных решений, предложенных Иваном Григорьевичем Бубновым. Опыт эксплуатации «Миноги» со всеми своими достоинствами и недостатками был учтён советскими конструкторами при создании дизель-электрических подводных лодок.

ПО ВОЛНАМ ПАМЯТИ. СУБМАРИНА ПЕТРА I.

История строительства подводных лодок в России традиционно ведёт свой отсчёт от деревянного «потаённого судна» Ефима Никонова, которое он построил в 1721 году по указанию императора Петра I. В челобитной, поданной в 1718 году на имя царя, плотник из Подмоскovie утверждал, что «сделает он к военному случаю на неприятелей удобное судно, которым на море, в тихое время, будет разбивать корабли, хотя б десять, или двадцать, и для пробы тому судну учинит образец». В том же письме было сказано, что это судно «будет ходить в воде потаённо».

«Потаённое судно» было изготовлено из дуба, олова и кожи и было длиной 17 футов (5185 мм), в самом широком месте диаметр судна составлял 7 футов (2135 мм). Предполагалось, что экипаж подводной лодки будет состоять из четырех человек.

На испытаниях судно погрузилось слишком резко, повредило дно и чуть было не затонуло. Однако Пётр объявил, чтобы «никто мастеру сего конфуза в вину не ставил» и благословил дальнейшие испытания.

Остается только гадать, каким мог стать подводный флот России в XVIII веке, если бы в 1725-ом не умер царь-реформатор. Ефима Никонова, который лишился своего покровителя, быстро разжаловали из «мастера потаённых судов» в обычные корабельные плотники и отправили на верфь в Астрахань.



Копия «потаённого судна», стоит на берегу Невы в Сестрорецке, недалеко от Санкт-Петербурга.

Автор: Александр Тамиров

ВЫСТАВКА

НЕБЕСНЫЕ ПОКРОВИТЕЛИ
АРМИИ И ФЛОТА РОССИИ

В АДМИНИСТРАЦИИ ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Духовные образы русской воинской славы: выставка икон из бересты открылась в Администрации Президента Российской Федерации.

В Администрации Президента РФ проходит уникальная выставка «Небесные покровители Армии и Флота России». Проект, организованный Благотворительным фондом культурных и социально значимых инициатив имени Святого Праведного воина Феодора Ушакова, демонстрирует работы иконописца Ольги Кириной, выполненные в редкой и глубоко символичной для русской культуры технике — берестяной иконе.



Мастер иконописец по бересте и перламутру
Кирина Ольга Николаевна

Каждая работа мастера иконописца по бересте Ольги Кириной – это не только канонический образ, но и тонкое рукотворное искусство, где теплая, живая фактура дерева рассказывает свою собственную, вневременную историю. На иконах запечатлены лики святых, издревле почитаемых как защитники русского воинства: от великомученика Георгия Победоносца и святого благоверного князя Александра Невского, адмирала Феодора Ушакова, причисленного к лику святых как праведный воин.

Экспозиция «Небесные покровители Армии и Флота России» служит мощным напоминанием о том, что за многовековой историей российских вооруженных сил стоят не только ратные подвиги, но и глубокая вера, освящающая путь защитников Родины. Этот проект был Благотворительного фонда Феодора Ушакова – еще один шаг в деле укрепления связи между прошлым и настоящим, между святыми заступниками и теми, кто сегодня несет нелегкую службу.



Пресвятая Богородица Державная

ВЫСТАВКА «НЕБЕСНЫЕ ПОКРОВИТЕЛИ АРМИИ И ФЛОТА РОССИИ»
В АДМИНИСТРАЦИИ ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



Великомученик
Георгий Победоносец



Святой
праведный воин
Феодор Ушаков



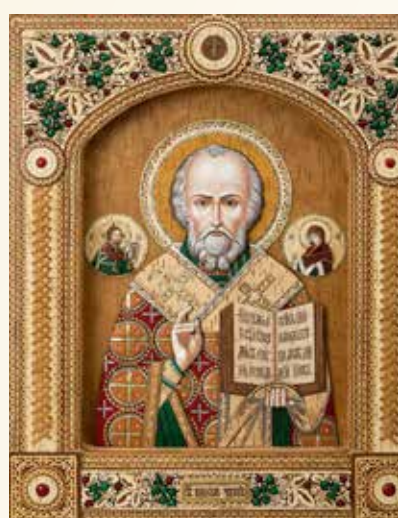
Святой
благоверный князь
Александр Невский



Архангел Михаил



Пресвятая Богородица
Казанская



Святой Николай
Чудотворец



Мастер иконописец по бересте и перламутру Кирина Ольга Николаевна и Соснова Елена Всеволодовна Начальник департамента по обеспечению деятельности Библиотеки Администрации Президента РФ.



ВЫСТАВКА «НЕБЕСНЫЕ ПОКРОВИТЕЛИ АРМИИ И ФЛОТА РОССИИ» В АДМИНИСТРАЦИИ ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГРИГОРИЙ КУБАТЬЯН: «Я ЕЩЁ БОЛЬШЕ ПОЛЮБИЛ НАШИХ ЛЮДЕЙ»

У нас в гостях Григорий Кубатьян — известный путешественник, член Русского географического общества, писатель, автор книг «Жизнь в дороге», «В Индию на велосипеде», «Великий африканский крюк», «От Мексики до Антарктиды». Григорий объехал автостопом, на велосипеде, на кораблях половину мира, побывал на всех континентах. Осенью 2022 года ушёл добровольцем на фронт. Воевал в составе батальона «Ахмат». После ранения стал военкором. Пишет прекрасные, очень точные очерки о Донбассе, его мирных жителях и защитниках.

Нашу беседу мы начали с его книги «Осень добровольца» (издательство АСТ) — искреннего и честного рассказа о военных буднях, обо всём, что автор увидел на фронте, о людях, с которыми его свела судьба, дополненный воспоминаниями о довоенной жизни и размышлениями о стране и эпохе.



родной язык, память о своей истории и героических предках. Получилось будто в вековой лес с дубами-великанами пришли лесорубы в тирольских штанишках и попытались его вырубить, чтобы расчистить землю и набить карман. Но бывают такие деревья, что о них тупятся топоры.

Второй уровень — это конфликт между Западом и Россией. Недалекое и жадное руководство позднего СССР, желая присвоить народную собственность и стать буржуазией, сдалось в холодной войне, распустило Союз. Но война не прекратилась! Пока мы пытались дружить с Западом, он продолжал душить Россию. Разжигал русофобию вдоль наших границ, сеял смуту внутри страны, паразитировал на нашей экономике, искажал историю, захватывал культуру.

Украина для Запада — кувалда, которой хотят раскрошить Россию. Как писал зоологический русофоб Збигнев Бжежинский, «без Украины Россия перестает быть евразийской империей». Между двумя когда-то братскими народами Запад вбивает клин, создает вечный конфликт вроде индо-пакистанского. Чем больше льётся крови, тем больше будет взаимная ненависть. Кого ненавидят русские? Нацистов! В тех странах, которые толкают к конфликту с Россией.

Третий уровень — борьба прогрессивных сил, к которым примкнула Россия, против глобализма. Глобалисты захватили управление миром. Они гипнотизируют людей лживыми нарративами, разжигают войны. Их стратегию можно свести к одной идее — сокращение населения Земли, чтобы планета осталась во власти небольшой группы избранных, живущих в «цветущем саду», а остальных — стереть как ластиком, оставив минимум персонала для обслуживания элиты.

— **Захар Прилепин в предисловии к «Осени добровольца» отметил: «Раз мы по-прежнему умеем писать добрые книги о войне — беда преодолима». А вы сами как бы описали свою книгу?**

— Это взгляд на войну гражданского человека, вынужденно взявшего в руки оружие. Я совсем не пишу про тактику, маневры, характеристики оружия, а только про личный опыт. Про то, что видит и чувствует человек, впервые надевший форму и отправившийся воевать.

— **Григорий, в чём для вас состоит эта «русская беда»?**

— Русская беда в том, что при распаде Союза русский народ был искусственно разделён против своей воли. Теперь, разделённые, мы враждуем друг с другом.

— **А вообще, для вас — о чём этот конфликт? Кто с кем воюет? И кто именно ваш враг?**

— Этот конфликт многослойный, как матрёшка. На первом уровне — это гражданская война, разделившая жителей Украины. Одни захотели стать европейцами, получать пособие и ходить в кружевных трусах. Им мешали только «совковое наследие» и «москворотые» на востоке страны. Для других было важно сохранить русскую культуру,

Человечество с такой судьбой не согласно и начинает просыпаться. Идёт процесс переустройства мира. Россия занимает в этом процессе важную роль, постепенно освобождаясь от глобалистской паутины.

— **Вы верующий человек? Пребывание на фронте делает человека ближе к Богу?**

— Трудно ответить однозначно. Я с уважением отношусь к верующим, но не люблю религиозных фанатиков. Думаю, что если человек вообще ни во что не верит, то у него нет души. Но если, имея веру, он никогда не испытывает сомнений, то у него нет ума.

Я люблю бывать в храмах. Когда путешествовал по миру, то посещал храмы всех религий, даже жил при них. Но если я когда-нибудь чувствовал присутствие Бога, то скорее не там, а в каких-то сложных жизненных ситуациях. Вспоминаю, что чувствовал нечто подобное незадолго до своего ранения. На что похоже присутствие Бога? На уверенность, что тебя любят, и что всё будет хорошо. На войне ты ближе к смерти — а значит, и к Богу.

— **Если вернуться к вашей биографии... Вы написали в своей книге, что пошли учиться на чиновника, чтобы «починить страну». И вдруг, вместо кресла чиновника, бесконечная дорога, путешествия автостопом...**

— На тот момент — а это был конец 90-х и начало 2000-х — я думал, что всё потеряно. Мне хотелось не видеть происходящего, уехать куда-нибудь подальше. Но это был не поиск лучшей жизни в Европе или США, а наоборот — поиск иной философии и мировоззрения в странах Третьего мира. Моя вера в Россию начала возвращаться в 2008 году, когда мы впервые дали отпор Западу, начавшему против нас агрессию руками авантюриста Саакашвили. Мы перестали отступать и начали отбиваться.

Можно сказать, что у меня две Родины — Россия и СССР. Я люблю их одинаково. За границей это чувство даже острее.

— **Можно сказать, что без этого странничества не было бы в итоге решения стать добровольцем?**

— Странничество настраивает на философский лад и делает довольно миролюбивым. Но я много времени провёл в странах Третьего мира — в Азии, Африке и Латинской Америке. Мне много рассказывали, что там натворили США и другие страны Запада. То же пытались сделать и с нами. Но мы начали сопротивляться, и я не мог не поддержать это решение.

— **На Донбассе вы бывали ещё до спецоперации? Как вы вообще встретили 2014 год, с какими мыслями и эмоциями?**

— Зимой 2013-2014 года я работал в Индии гидом и переводчиком при медицинском центре. Среди моих клиентов было много украинцев. Ещё тогда я им говорил, чем закончится майдан, рассказывал историю трагического раздела Индии англичанами. Они не верили, считали, что «это



На временном направлении. 2023 год.

другое». Что касается возвращения Крыма и начавшегося сопротивления на Донбассе, то эти события дали надежду на скорое возрождение России. Хотя и тогда было ясно, что легко не будет.

— **Как принималось решение пойти добровольцем? О чем тогда думали, что внутри себя проговаривали?**

— Было воодушевление после первой военкорской поездки на Донбасс. Там я увидел настоящих людей, рисковавших жизнью ради того, чтобы остаться русскими. При том, что в самой России я знал немало людей, готовых заплатить большие деньги, чтобы перестать русскими быть.

У меня было острое желание что-то сделать для русских, живущих на Украине. К этому примешался стыд, когда во время частичной мобилизации многие сограждане бросились спасаться за границу.

— **За время пребывания на фронте: самое тяжелое и самое светлое, самое дорогое и самое раздражающее?**

— Было тяжело думать о доме, о близких. Но физически тяжело не было, в иных походах условия бывали хуже. Светлое — звонки домой с крыши полуразрушенной 9-этажки, где только и ловился сигнал. Или добрые детские письма, которые пришли нам с гуманитаркой. Домашние закрутки с трогательными записками «для наших мальчиков». Я не страдал от голода, но то, что для нас отправляли гостинцы со всей страны, это было важно.

Меня мало что раздражало, война есть война. Разве что, когда в замкнутом подвале или комнате все курили одновременно, дышать я не мог. Лучше было сидеть в окопе.

— **В чём для вас будет заключаться победа?**

— Есть победа ближняя и дальняя. Ближняя может быть просто миром, прекращением огня. При условии, что будет устранена угроза со стороны Украины и Запада, и мы получим гарантии отсутствия такой угрозы. То есть поменяется правительство Украины, а сама она будет разоружена и откажется от воинственной русофобии. Думаю, нынешняя украинская власть на это не пойдёт. И Запад на это не пойдёт. Он-то ничем не рискует, подталкивая Украину к самоубийству.

Дальняя победа — это объединение нас в подобие союза: России и Украины, России и бывших республик СССР, укрепление связей России и стран

БРИКС. В перспективе — союз России и наших нынешних противников. Чтобы были устранены причины конфликтов и оставалось только желание сотрудничества. Победа — это мир для всех.

— После ранения вы как-то совершенно естественно пошли в военкору. На ваш взгляд, в чем значение военкора в нынешнем конфликте?

— Задача военкора — наблюдать за происходящим и рассказывать об этом, стараясь быть честным. В этой профессии есть много ограничений: важно не навредить своими рассказами, не сыграть на руку противнику. А главная цель, как мне кажется, сохранить для истории имена героев, благодаря которым страна выжила и победила.

— Вы пишете и о военных, и о первых ополченцах... Есть такие истории, судьбы, которые вам наиболее запомнились, поразили или оставили шрам на сердце?

— Я общался с людьми, которые теряли руки, ноги, даже пережили клиническую смерть, но восстанавливались и возвращались в строй. А ведь это очень страшно, когда от человека, по сути, осталась половина, но он продолжает сражаться!

Поражают истории воюющих женщин, у которых дети растут в блиндажах, потому что их не с кем оставить. Или которые вытягивают на себе из боя здоровенных раненых мужчин. Или которые часами лежат без движения на холодных камнях, сжимая в руках винтовку с оптическим прицелом, потому что нужно обезвредить НАТО-вского снайпера, иначе он убьёт наших ребят. Этих историй множество.

— Что донбасская война и спецоперация от-



С сослуживцами. Только что получили оружие. Луганск, 2022 год.



Испытываем броневую машину «Ахмат»

крыли вам в наших людях — на фронте, в тылу. Что вы о наших людях не знали, не осознавали, не ожидали в них увидеть?

— Я ещё больше полюбил наших людей. Они оказались выносливыми, храбрыми, самоотверженными. Одно дело знать это теоретически, другое — видеть своими глазами ежедневный героизм бойцов, волонтеров или работников экстренных служб, работающих в зоне боевых действий: спасателей, врачей, пожарных.

— Сейчас часто повторяют, что СВО сформировала в нашей стране настоящее гражданское общество. Согласны с этим утверждением? Общество изменилось?

— В значительной степени изменилось. Люди отлично знают, в чем нуждаются их близкие, находящиеся на фронте. Знают о проблемах, о которых не говорят в СМИ. И, к их чести, не тратят силы на жалобы, а объединяются и решают проблемы самостоятельно: помогают раненым в реабилитации, собирают гуманитарную помощь, отправляют на передовую автомобили, разрабатывают новые виды вооружения. Власть следует за волей народа, начинается процесс очищения от корруп-



Первый выезд в качестве военкора КП на угледарское направление. Волноваха, весна 2023 года

ционеров и подлецов. Ведь то, что было допустимо и принято в мирное время, в военное — невозможно.

— Не знаю, согласитесь ли вы, но литература сейчас, пожалуй, в авангарде изменений в культуре. Что в современной русской литературе вас радует?

— Радует, что в магазинах появились выкладки с книгами об СВО. Что таких книг появляется всё больше. Что люди стали больше интересоваться литературой и поэзией, а не только скроллингом соцсетей. Мне трудно судить о современной литературе, я мало её читаю. Когда появляется время на чтение, предпочитаю дореволюционную или советскую, и с удивлением обнаруживаю, что всё, что происходит сейчас, было описано ещё тогда. В том числе, когда речь идёт о политике и войне.

Автор: Валерия Троицкая.



На руинах ресторана «Царская охота» в Авдеевке. Здесь наши штурмовики впервые прорвались через трубу.

ОТРЫВОК ИЗ КНИГИ ГРИГОРИЯ КУБАТЬЯНА «ОСЕНЬ ДОБРОВОЛЬЦА»:

«Я родился в Советском Союзе, когда Украина, Грузия, Эстония не были отдельными государствами.

Это была моя большая страна. Великая мирная страна, выбравшая путь прогресса и справедливости.

Я гордился, что живу в ней. Верил, что скоро все в мире будут жить так же хорошо, как я. И не только на нашей планете, но и на соседних, и даже у самых дальних звёзд.

Это позже я начал читать журнал «Огонёк», который покупали взрослые, — и узнал, что живу плохо, что страна моя ужасна и преступна, правительство коррумпировано, в армии дедовщина, космическая станция проржавела, в продуктах нитраты и радиация, а все наши герои — на самом деле злодеи.

Спустя время я случайно наткнулся на старый мятый «Огонёк» — и поразился, сколько диких нелепиц и злобной ерунды опубликовано там. Но было поздно: моя великая мирная страна распалась на большие и малые феоды, вздорные, подозрительные и желающие друг другу смерти.

Я пошёл учиться на государственного чиновника, чтобы починить моё несчастное испорченное государство. Мне казалось, что правители не понимают, что делать. Ослеплены свалившимися на них народными богатствами, ставшими их личной собственностью. Я видел, что мы движемся не туда и придём к катастрофе, — но верил, что научусь, и всё сделаю как надо.

К концу обучения я разочаровался в этой идее. Понял, что во власти нет идиотов. Там всё понимают, и направляют страну к пропасти — намеренно,

из алчности, эгоизма и ложного мессианства, уверенные, что успеют сбежать, и даже будут облаканы западными хозяевами за выполнение важной исторической миссии. «Русская угроза» перестанет существовать вместе с Россией, наступит комфортный однополярный демократический мир, владеть которым будут избранные. Лишние русские вымрут, «не вписавшись в рынок». И слава богу! Ведь называть себя «русскими» могут только националисты и ксенофобы — так нас учили ежедневно со страниц книг и журналов, с экранов телевизоров. Я был в ужасе. Мне хотелось бежать из сотрясающейся в конвульсиях страны.

Мои поездки по миру, начавшись в институте, становились всё дольше, и уезжал я всё дальше. Денег на путешествия не было — я катался авто-стопом, ночевал в палатках, питался чем попало. Брался за любой труд: был маляром, плотником, матросом, сборщиком овощей, работал в ресторане и снимался в массовке. Потом начал писать о своих приключениях и зарабатывать журналистской.

Я понял, что дело — не в России. Наша страна — не самая дурная и не самая несчастная. Просто по миру ездит тяжёлый колониальный коток, который раскатывает в плоский блин всех, кто приподнимает голову и пытается жить самостоятельно. Советская Россия и собравшиеся вокруг неё республики для многих народов мира были сияющим маяком — единственным союзом, способным противостоять безжалостному капиталистическому миру. Символом справедливости и равенства, хорошо заметным, если глядеть из унылого колониального сумрака...»

ДЕТЕКТОР ДРОНОВ «ТЕНЬ»

ИННОВАЦИОННАЯ РОССИЙСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НА ПОЛЯХ СВО



Российская компания «Системы машинного зрения» — разработчик детекторов дронов «Тень» — стала первой в России, получившей патент на детектор дронов. Серийные поставки «Тени» начались летом 2024 года. Сегодня устройство выпускается уже в четвертой версии, которая отличается непрерывным частотным диапазоном 0.2 - 8ГГц, интеллектуальной фильтрацией сигнала Wi-Fi. Разработка, сборка, прошивка и испытания прибора полностью выполняются на территории Российской Федерации, а печатная плата, корпус и программное обеспечение защищены патентами и свидетельствами об интеллектуальной собственности.

В версии «Тень V3» компания впервые открыла исходный код прошивки, предоставив разработчикам возможность адаптировать устройство под собственные задачи. Это решение позволило превратить детектор в открытую инженерную платформу, способную развиваться усилиями сообщества. Модель получила широкую известность в зоне СВО и признание на отраслевых мероприятиях, став неоднократно призёром в номинациях «Лучшая инновация» и «Технологии двойного назначения».

Устройство четвертого поколения, способно фиксировать беспилотники на частотах до 8 ГГц, включая новые диапазоны, которые стали использоваться украинские военные. Такая возможность появилась после анализа трофейных дронов. Детектор «Тень» предназначен для своевременного обнаружения приближения БПЛА роторного типа на расстоянии от километра, обеспечивая своевременное оповещение и указание типа аппарата.

На базе технологий «Тень» компания ведет собственные исследования в области систем разминирования, анализа радиосигналов и нейросетевых алгоритмов распознавания. Применение искусственного интеллекта и машинного обучения позволяет в реальном времени классифицировать радиосигналы БПЛА и других источников, повышая эффективность и безопасность работы на линии боевого соприкосновения.

Автор – Садовник Дмитрий Юрьевич.
Заместитель генерального директора
ООО «Системы машинного зрания»



«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**



