



# МОРСКАЯ НАУКА И ТЕХНИКА

---

## MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ - СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК №16



---

БЕЗОПАСНОСТЬ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ  
ТРУБОПРОВОДОВ И ОБЪЕКТОВ

---

КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

# НТЦ НЕФТЕГАЗДИАГНОСТИКА ГРУППА КОМПАНИЙ



НА ЗЕМЛЕ • ПОД ЗЕМЛЕЙ • ПОД ВОДОЙ

ВНУТРИТРУБНАЯ  
ДИАГНОСТИКА  
НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ

РЕМОНТ МОРСКИХ  
ПОДВОДНЫХ  
ТРУБОПРОВОДОВ

ПОДВОДНО -  
ТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

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

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

EMAIL: INFO@NTCNGD.COM

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



## ДОРОГИЕ АВТОРЫ И ЧИТАТЕЛИ, НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА «МОРСКАЯ НАУКА И ТЕХНИКА»!

Приветствуя участников научно-технической конференции «МОРСКАЯ НАУКА И ТЕХНИКА. БЕЗОПАСНОСТЬ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ И ОБЪЕКТОВ» представляем вам специальный профильный, тематический выпуск одноименного журнала. Предлагаю наше новое издание открыть доброй памятью об академике Николае Дмитриевиче Кузнецове, выдающемся отечественном авиаконструкторе. Я его очень уважал, и он ко мне в свое время, как к молодому человеку, относился с большим уважением. Еще тогда у него родилась фраза, которую сейчас бы можно было бы произносить – **безопасность закладывается при проектировании, обеспечивается при изготовлении и поддерживается в эксплуатации.** Эта фраза очень ёмкая. Сейчас получается так, что мы нарушили заповедь, которая действительно важна. Мы постарались достаточно просто строить. Проекты побыстрее, менее обоснованные вводили в жизнь. Проектировали по старым традиционным методам, критериям, подходам. Строили по принятым технологиям, которые были хорошо известны. Запускали в эксплуатацию, и вдруг видели, что мы не полностью учли там коррозию, мы не учли выход морских трубопроводов из воды на берег в зоне приливов и отливов. Мы не учли в явном виде цунами, мы не учли донные течения, мы не учли якоря, которые бросаются в разных местах, протаскиваются и могут повреждать. Мы не учли замыслов террористов и военные угрозы. Этого в проектах нет. А в жизни это всё встретилось. И получается тогда так, что мы, уже сэкономив на первых этапах проектирования, строительства, знаний, исследований, разработок, нормативов, пошли в эксплуатацию со старым или недостаточно проработанным багажом. И тут-то приходится уже затрачивать и средства, и ущерб иметь в десятки раз больше, чем суммы, которые можно было вложить на начальном этапе. И вот это целый новый поворот. Если он произойдёт разумно, то тогда станет нужна и наука, и хорошие специалисты, и инженеры, и методы расчётов, и методы диагностики, и программные решения, и цифровизация на стадии проектирования. Этот путь, конечно, не может быть пройден за год, и даже за пятилетку, но на этот путь надо обязательно становиться....

Наш журнал специализируется на публикации информационных и аналитических материалов по морской технике, инновационным технологиям в индустрии морских исследований, судостроительной промышленности и обеспечении безопасности промышленных объектов. Особое внимание уделяется безопасности трубопроводных систем и технологиям освоения углеводородных ресурсов континентальных шельфов. Предлагаемое издание данного специального тематического выпуска журнала посвящено научно-техническим аспектам безопасности морских подводных трубопроводов. Опубликовано более двадцати статей, представляющих данную тему. От фундаментальных научных изысканий, до примеров практических решений по строительству, диагностике и эксплуатации морских подводных трубопроводных систем. Все работы характеризуются научной новизной, актуальностью и блестящими инженерными решениями. Отрадно, что среди авторов нашего журнала есть молодые начинающие исследователи, которые на страницах своих статей делятся с научным миром результатами проделанных изысканий. Авторами части публикаций стали ученые, уже достигшие определенных успехов на научной ниве, преподаватели вузов и эксперты в области профильных отраслей морской науки. Всех их объединяет стремление донести результаты своих исследований мировому морскому научному и техническому сообществу. Особое внимание уделено разрабатываемым и действующим технологиям в освоении морских и непосредственно арктических шельфов, а также безопасности их транспортной концепции.

Сегодня перед нашим журналом стоят амбициозные задачи, направленные на развитие современного познания процессов безопасного взаимодействия людей и морской среды, и в этом мы придаем значимость международному научному сотрудничеству с использованием последних достижений в области информационных технологий. Наш журнал открыт для интеллектуальных дискуссий и обмена мнениями по широкому кругу научных и технических вопросов. Выражаю коллективу редакции, редакционной коллегии, авторам специального тематического номера искреннюю признательность за проявленный интерес и активное участие в развитии журнала с самых первых шагов его становления. Приглашаю к еще более активному сотрудничеству всех коллег из регионов России, стран ближнего и дальнего зарубежья. **Желаю всем участникам конференции, авторам и читателям журнала творческих успехов в научных исследованиях и новых свершений на ниве научных и технических познаний мирового океана!**

*Николай Андреевич Махутов, член-корреспондент РАН,  
председатель комиссии РАН по техногенной безопасности,  
Председатель МЭС по безопасности МПТ и объектов,  
президент научно-промышленного союза «Риском»*

«МОРСКАЯ НАУКА И ТЕХНИКА»  
Научно - технический журнал,  
специальный выпуск  
№ 16 октябрь 2024 г.

Издаёт:

«Морское информационное  
агентство» при участии научно - про-  
мышленного союза «РИСКОМ»

Учредитель:

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

Адрес редакции:

105066, г. Москва,  
ул. Нижняя Красносельская, д.40/12

Тел./факс: +7 (495) 781-59-17  
+7 (989) 707-97-69

morinform@marineorg.ru  
www.marine.org.ru

https://expertmore.ru/

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР  
**АНДРЕЙ КАМШУКОВ**

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР  
**ОЛЕСЯ АНДРЕЕВА**

ЛИТЕРАТУРНЫЙ РЕДАКТОР  
**АЛЕКСАНДРА ГУЖОВА**

РЕДАКТОР ОТ СЕКРЕТАРИАТА  
МЭС  
**ВАЛЕРИЯ БУДРИНА**

РЕДАКТОР ПО ДИЗАЙНУ  
**РОСИТА РУИС**

ШЕФ-РЕДАКТОР  
**АНДРЕЙ ПАЩЕНКО**

Материалы и иллюстрации:

Виктор Флусов, Виктор Лещенко,  
Анатолий Лепихин, Алла Туманова,  
Тимофей Лещенко, Роман Барбулев,  
Ирина Скударнова, Дмитрий Вавилов,  
Юлия Бузманова, Алексей Таран  
и другие.

Особая благодарность за  
организацию в издании:  
Лещенко В.В.

Особая благодарность за активное  
участие в издании:  
Махуту Н.А., Лещенко В.В.,  
Помылеву И.В., Лепихину А.М.,  
Чемберян А.Ф., Жилкиной  
Е.А., Соболевскому А. А.,  
Иноземцеву В.В.

Благодарим за предоставление ин-  
формации из открытых источников:  
kremlin.ru, marine.org.ru,  
government.ru, https://ntcngd.com/,  
https://minpromtorg.gov.ru/ria.ru,  
https://marine.org.ru, tass.ru, iz.ru,  
kchf.ru, mintrans.ru, morflot.ru,  
seaport.ru, shipbuilding.ru, tass.ru,  
mi.ru.

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

Тираж 1000 экземпляров, Цена договорная

Позиция редакции может не совпадать  
с мнением авторов.

## СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА:

- 3** Н. А. МАХУТОВ – ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО
- 6** Н. А. МАХУТОВ: ПРОЧНОСТЬ, РЕСУРС, ЖИВУЧЕСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ МПТ И ОБЪЕКТОВ: ОБОСНОВАНИЕ И НОРМИРОВАНИЕ
- 14** С. Н. КОЛБИН: ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ ЗАДАЧИ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ
- 18** В. В. ЛЕЩЕНКО: АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МПТ
- 22** Д. В. ВАВИЛОВ: МЭС СОЗДАЕТ КЛАСТЕР В АСТРАХАНИ-ПЕРВАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РЕМОНТА ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
- 24** А. М. ЛЕПИХИН: БЕЗОПАСНОСТЬ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ СООРУЖЕНИЙ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ
- 30** С. А. ТИМАШЕВ, А. В. БУШИНСКАЯ: МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ СЦЕНАРИЕВ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МПТ РОССИИ
- 38** УГЛЕРОДНЫЙ СЛЕД МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
- 43** КБ ОСК «РУБИН» ПРЕДСТАВЛЯЕТ ПОДВОДНОГО РОБОТА-ДОСТАВЩИКА РАЗЛИЧНЫХ ПОЛЕЗНЫХ НАГРУЗОК
- 44** Ю. А. ХАРЧЕНКО: ИНСПЕКЦИИ ПОДВОДНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА
- 50** «МУФТЫ НСК» - СОВРЕМЕННЫЙ И ЭКОНОМИЧНЫЙ СПОСОБ СОЕДИНЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ
- 52** НПО «АВРОРА»: НАУКА И ТЕХНИКА ОБЕСПЕЧИВАЮТ ФЛОТ РОССИИ
- 53** РАБОЧАЯ ГРУППА МЭС ПО ПОДВОДНЫМ БЕСПИЛОТНЫМ СИСТЕМАМ – ВЫЕЗДНАЯ СЕССИЯ. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
- 54** НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СКВАЖИН – ПРОРЫВ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
- 55** «ПТС» - ВОДОЛАЗНОЕ СНАРЯЖЕНИЕ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ МПТ
- 56** В. В. ЛЕЩЕНКО: СУДА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
- 58** СПЕЦИАЛЬНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ СУДНО - «НЕПТУН»
- 59** КБ ОСК «РУБИН» ПРЕДСТАВЛЯЕТ ПОДВОДНОГО РОБОТА-ДОСТАВЩИКА РАЗЛИЧНЫХ ПОЛЕЗНЫХ НАГРУЗОК
- 60** «ОКБ НЕФТЕГАЗДИАГНОСТИКА» - ЭФФЕКТИВНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОНСТРУКТОРСКОГО ОТДЕЛА И ПРОИЗВОДСТВА: ПУТЬ К УСПЕХУ
- 62** «СПЕЦСУДОПРОЕКТ» - НОВЫЕ ПРОЕКТЫ СПЕЦИАЛЬНЫХ СУДОВ
- 66** «ИНТЭЛ» - ИННОВАЦИОННЫЕ РАДАРЫ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ФЛОТА РОССИИ!
- 68** «РИАТОМ» - УНИКАЛЬНЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ФЛОТА
- 72** НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ СОЮЗ «РИСКОМ»
- 74** АДМИРАЛ УШАКОВ «ВОСХОЖДЕНИЕ»
- 76** БЛАГОТВОРИТЕЛЬНЫЙ ФОНД «ВМЕСТЕ ПО ЗОВУ СЕРДЦА»
- 82** ФОТОВЫСТАВКА «АРИСТОКРАТЫ МОРЕЙ»

## Н. А. МАХУТОВ: ПРОЧНОСТЬ, РЕСУРС, ЖИВУЧЕСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ МПТ И ОБЪЕКТОВ: ОБОСНОВАНИЕ И НОРМИРОВАНИЕ **6**



**62**

## «СПЕЦСУДОПРОЕКТ» - НОВЫЕ ПРОЕКТЫ СПЕЦИАЛЬНЫХ СУДОВ



**76**

## БЛАГОТВОРИТЕЛЬНЫЙ ФОНД «ВМЕ- СТЕ ПО ЗОВУ СЕРДЦА»



**14**

## С. Н. КОЛБИН: ПЕРВООЧЕРЕД- НЫЕ ЗАДАЧИ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНО- СТИ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ



**22**

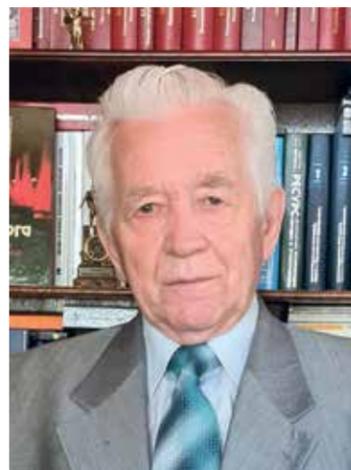
## Д. В. ВАВИЛОВ: МЭС СОЗДАЕТ КЛАСТЕР В АСТРАХАНИ-ПЕРВАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РЕМОНТА ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА:

1. Председатель коллегии - член корреспондент РАН, профессор, главный научный сотрудник НИИ МАШ, председатель комиссии РАН по техногенной безопасности – Махутов Николай Андреевич.
2. Заместитель председателя коллегии – кандидат технических наук, генеральный директор НТЦ «Нефтегаздиагностика», председатель правления союза «РИСКОМ» – Лещенко Виктор Викторович.
3. Доктор технических наук, технический секретарь Межведомственного экспертного совета по безопасности МПТ – Лепихин Анатолий Михайлович.
4. Профессор, доктор технических наук, ведущий эксперт МЭС – Харченко Юрий Алексеевич.
5. Профессор, кандидат технических наук, старший преподаватель Санкт-Петербургского государственного морского технического университета – Марков Сергей Петрович.
6. Доктор технических наук, профессор МИФИ – Морозов Евгений Михайлович.
7. Доктор технических наук, профессор, заведующий отделом НИИ МАШ РАН – Матвиенко Юрий Григорьевич.
8. Кандидат технических наук, Почетный председатель Севастопольского морского собрания – Кот Виктор Павлович.
9. Главный редактор журнала «Морская наука и техника», ответственный секретарь МЭС – Камшукوف Андрей Викторович.

# ПРОЧНОСТЬ, РЕСУРС, ЖИВУЧЕСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ И ОБЪЕКТОВ: ОБОСНОВАНИЕ И НОРМИРОВАНИЕ

ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТ РАН МАХУТОВ Н.А.  
ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИССИИ РАН ПО ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ,  
ПРЕДСЕДАТЕЛЬ МЭС ПО БЕЗОПАСНОСТИ МПТ И ОБЪЕКТОВ



## Аннотация.

Рассматриваются силовые, деформационные, детерминированные и вероятностные методы оценки напряженно-деформированных и предельных состояний в опасных зонах морских подводных трубопроводов и объектов. Приведены определяющие взаимосвязанные выражения для обоснования, определения, назначения и нормирования системы запасов прочности, ресурса, живучести, безопасности и защищенности от отказов, аварий и катастроф для трубопроводов и объектов, отнесенных к I, II классам опасности и к категории критически важных для безопасности.

**Ключевые слова:** морские подводные трубопроводы и объекты, прочность, ресурс, живучесть, безопасность, защищенность, риск, напряжение, деформация.

## 1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМ

Современная наука, техника и технологии позволили человеку и человечеству на протяжении веков и тысячелетий освоить трехмерные x-y-z пространства жизнеобеспечения и жизнедеятельности. Вначале это были локальные точки x, y обитания, потом освоение плоских жизненных двумерных пространств x-y на поверхности планеты протяженностью до 40.000 км (период великих географических открытий), потом, в XX – XXI вв., освоение оси +z в воздушном (до 40 км) и космическом пространстве (от 10<sup>2</sup> до 1,5x10<sup>8</sup> км). И только направление –z до настоящего времени реально освоено до малых глубин. Это относится к глубокому под-земному бурению (до 15 км) и подводному погружению (до 11 км). Современные подводные морские и океанические инфраструктуры расположены на глубинах до 2,5÷5 км. При этом добыча и транспортировка углеводородов сосредоточена пока на глубинах до 2,2 км (магистральный трубопровод «Голубой поток»).

Сложность реализации современных проектов по исследованиям, проектированию, строительству и эксплуатации подводных морских трубопроводов и объектов связана с чрезмерно высокими внешними (до 22 МПа) и внутренними (до 400 МПа) статическим и переменным давлением, малой изученностью и сложностью рельефа дна, наличием коррозионных, сейсмических, ледовых воздействий, волн цунами.

По мере длительного развития морской подводной техники и технологий (особенно с начала XX в.) проходило [1-5] совершенствование научных методов исследований и поэтапное обоснование прочности (с 1940-1950 гг.), долговечности (с 1950-1970 гг.), надежности (с 1980-1990 гг.),

безопасности, живучести (с1990-2000 гг.), безопасности (с 2000-2010 гг.) и защищенности (2020-2030 гг.).

Вместе с тем, несмотря на существенно высокие результаты научных исследований, проектных и технологических разработок в нашей стране и за рубежом на морских подводных и надводных объектах, подводных трубопроводах возникали многочисленные отказы и разрушения, крупные аварии и тяжелые единичные катастрофы с огромными социальными, экономическими и экологическими ущербами. Катастрофы на подводных дизельных и атомных подводных лодках («Трешер» - США, «Комсомолец» - СССР, «Курск» - Россия); на морских платформах («Пайпер Альфа – Великобритания, ВП – США, «Кольская» - Россия) сопровождалась гибелью десятков и сотен людей, крупными пожарами, разрушениями, затоплениями с экстремальными экономическими потерями до 60 млрд долл. Особую актуальность проблемы безопасности и защищенности от аварий и катастроф приобрели после крупных террористических атак на российские подводные морские магистральные трубопроводы СП-1, СП-2 в Балтийском море 26.09.2022 г.

Анализ большой значимости указанных выше проблем для морских подводных трубопроводов и объектов привел к ряду важных государственных и межотраслевых решений:

- принятию Морской доктрины Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 31.07.2022 №512;
- созданию Морской коллегии по Указу Президента Российской Федерации от 13.08.2024 №691 и последующая организация при ней межведомственных комиссий и советов;

АКВАТОРИИ: АЗОВСКОЕ, БАЛТИЙСКОЕ, БАРЕНЦЕВО, КАРСКОЕ, КАСПИЙСКОЕ, ОХОТСКОЕ, ЧЕРНОЕ МОРЕ

## НОМЕНКЛАТУРА ОБЪЕКТОВ

№	НАИМЕНОВАНИЕ	КОЛ-ВО	ХАРАКТЕРИСТИКИ	КЛАСС ОПАСНОСТИ
1	Морские магистральные трубопроводы и участки	12	Протяженность – 1200 км. Общая более – 5000 км. Глубина – 2200 м.	I, II
2	Системы крупных морских непромысловых и промысловых трубопроводов	11	Единичная протяженность до 420 км.	I, II
3	Морские стационарные платформы	21	Масса – до 160.000 тонн. Стационарные, плавучие	I, II
4	Морские стационарные платформы	11	Плавучие	II, III
5	Морские наливные комплексы	6	Надводно-подводные	I, II
6	Добычные подводные комплексы	2	Быстро развивающиеся	I, II

## РЕСУРСНЫЙ ШЕЛЬФОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

РЕСУРС	РОССИЯ	США	ДАНИЯ	КАНАДА	НОРВЕГИЯ
НЕФТЬ	41%	28%	18%	9%	8%
ГАЗ	70%	14%	8%	4%	4%

Таблица 1 – состояние реализации Морской доктрины, федерального законодательства и стратегий в сфере безопасности морских объектов шельфовых нефтегазовых комплексов

- формированию в 2023 г. и началу деятельности Межведомственного экспертного совета по безопасности морских подводных трубопроводов и объектов (МЭС).

В 2023-2024 гг. на организационных и технических заседаниях МЭС в Российской академии наук, в Минпромторге, в Аналитическом центре Правительства Российской Федерации, в Ростехнадзоре, а также на выездных совещаниях в Астрахани, С-Петербурге были намечены, обсуждены и приняты основные направления деятельности МЭС по обоснованию и повышению безопасности морских подводных трубопроводов и объектов. Их результаты освещены в публикациях базового журнала «Морская наука и техника» [1].

На настоящей научно-практической конференции «Морская наука и техника. Безопасность морских трубопроводов и объектов» рассматриваются:

- базовые составляющие решения научно-методических проблем безопасности;
- современное состояние и развитие правовой и нормативной основы безопасности;
- современные технологии расчетов и испытаний, диагностики состояний, мониторинга рисков;
- перспективные методы и средства предупреждения и защиты от опасных и чрезвычайных ситуаций для функционирующих, строящихся и проектируемых трубопроводов и объектов.

Ниже в докладе основное внимание уделено последнему направлению.

## 2. ОБОСНОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ

На протяжении всего периода создания и использования морских подводных трубопроводов и объектов в качестве базового требования было обеспечение их прочности при действии проектных нагрузок, выбранных конструкционных материалах и технологиях. Это требование относится ко всему комплексу анализируемых трубопроводов и объектов [1].

В табл. 1 приведены сводные данные об этих трубопроводах и объектах, подведомственных Ростехнадзору, а также ресурсный потенциал стран, имеющих выход на шельф для добычи углеводородов.

Соответствующие трубопроводы и объекты отнесены к I, II классам опасности. При этом Россия является [1, 2] ведущей страной мира по ресурсному потенциалу, что определяет важность и актуальность всех решаемых проблем и, в первую очередь, проблемы прочности. Ключевой для всех решений является унифицированная структурная схема, объединяющая три компонента обоснования работоспособности (рис. 1).

Для оценки прочности используются [2, 3]:  
- максимальные эксплуатационные нагрузки  $Q^3(\tau)$  для данного этапа  $\tau$  жизненного цикла;  
- характеристики напряженно-деформированного состояния « $\sigma^3(\tau)$ ,  $\epsilon^3(\tau)$ »;  
- силовые и деформационные критерии предельных состояний « $\sigma_k(\tau)$  -  $\epsilon_k(\tau)$ ».

В основных расчетах прочности под  $Q^3(\tau)$  понимаются наружные  $P_n(\tau)$  и внутренние  $P_v(\tau)$  давления, изгибающие

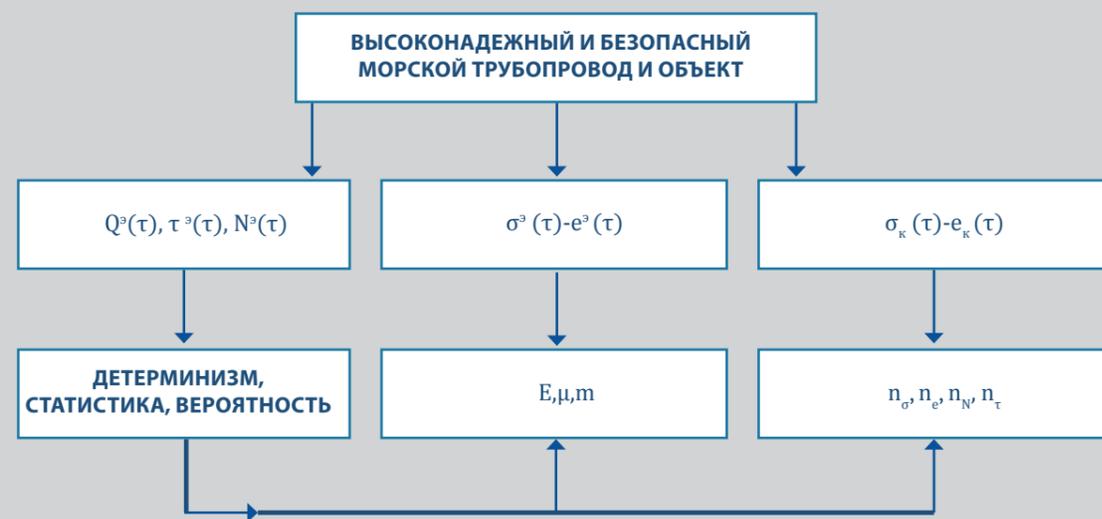


Рис. 1. Комплексный расчетно-экспериментальный анализ работоспособности

$M_n(\tau)$  и крутящие  $M_k(\tau)$  моменты, осевые силы  $N_o(\tau)$  и поперечные  $N_n(\tau)$  силы.

$$Q^3(\tau) = F \{ (P_n(\tau), P_b(\tau)), (M_n(\tau), M_k(\tau), N_o(\tau), N_n(\tau)) \}, \quad (1)$$

При нормативном определении напряженно-деформированных состояний расчеты ведутся [1-3] аналитическими методами сопротивления материалов, теории упругости, теории стержней, пластин и оболочек

$$\sigma^3(\tau) = Q^3(\tau) / \{ F_o, W_o \}, \quad (2)$$

где  $F_o, W_o$  - площадь и момент сопротивления (осевой и полярной) опасного сечения.

Для определения  $\sigma^3(\tau)$  всё большее применение находят численные методы (в первую очередь, метод конечных элементов - МКЭ).

Прочность считается обеспеченной, если номинальные напряжения по (2) не превышают допустимые значения  $[\sigma]$

$$\sigma^3(\tau) \leq [\sigma] = \sigma_{он} / n_\sigma = \min \{ \sigma_\tau / n_\tau, \sigma_b / n_b \}, \quad (3)$$

где  $\sigma_{он}, \sigma_\tau, \sigma_b$  - опасные напряжения, предел текучести и прочности соответственно;

$n_\sigma, n_\tau, n_b$  - запасы по напряжениям.

Для первых морских подводных трубопроводов использовался только запас по пределу прочности ( $n_\sigma = n_b = 3,0 \div 3,5$ ) для предупреждения разрушений. В последующие годы в связи с применением более высокопрочных материалов стали назначаться запасы по  $n_\tau, n_b$  ( $n_\tau < n_b$ ) при их величинах  $1,2 \leq n_\tau \leq 1,5; 2,0 \leq n_b \leq 2,5$ .

Для глубоководных морских трубопроводов, сосудов и объектов наряду с условием прочности по (3) с учетом перепада давлений  $p_n, p_b$  проводились расчеты на общую и локальную потерю устойчивости под действием только внешнего давления  $p_b$ .

В уточненных поверочных расчетах прочности наряду с

оценкой номинальных напряжений  $\sigma^3(\tau) = \sigma_n(\tau)$  проводятся расчеты прочности по максимальным местным напряжениям  $\sigma_{max}(\tau)$  с введением в расчет коэффициентов концентрации напряжений  $\alpha_\sigma$ , остаточных  $\sigma_\sigma$ , температурных  $\sigma_\tau$ , сейсмических  $\sigma_\sigma$ , волновых  $\sigma_b$  и от цунами  $\sigma_\tau$  напряжений

$$\sigma_{max}(\tau) = F \{ \sigma_\tau, \alpha_\sigma, (\sigma_\sigma, \sigma_\tau, \sigma_\sigma, \sigma_b) \} \quad (4)$$

При этом допускаемые напряжения могут быть увеличены, а запасы прочности (с учетом величин  $\sigma_\sigma$ , температурных  $\sigma_\tau$ , сейсмических  $\sigma_\sigma$ , волновых  $\sigma_b$  и от цунами  $\sigma_\tau$  напряжений) снижены на 20÷25%.

При повышенных уровнях концентрации  $\alpha_\sigma (\alpha_\sigma \geq 1,5)$  и величинах напряжений  $\sigma_\sigma, \sigma_\tau, \sigma_\sigma, \sigma_\tau$  и принятых запасах  $n_\sigma$  в (3) в наиболее нагруженных локальных зонах наряду с упругими ее возможно образование пластических деформаций  $e_p$ , когда их суммарные величины превосходят деформации предела текучести  $e_\tau$

$$e = e_\sigma + e_p > e_\tau = \sigma_\tau / E, \quad (5)$$

где  $E$  - модуль продольной упругости (см. рис. 1).

Сопротивление конструкционных сталей пластическим деформациям  $e_p$  существенно ниже, чем упругим  $e_\sigma$ . Это описывается степенным уравнением диаграммы деформирования в истинных напряжениях.

$$\sigma = \sigma_\tau (e / e_\tau)^m, \quad (6)$$

где  $m$  - показатель упрочнения.

Для области упругих деформаций  $0 \leq e \leq e_\tau$

$$m = 1; \sigma_\tau / e_\tau = E \text{ и } \sigma = eE \quad (7)$$

В области пластических деформаций до достижения предельных разрушающих деформаций  $e_k$  в шейке образца ( $e_\tau < e < e_k$ ),  $0 \leq m \leq 0,25; 0,3 \leq e_k \leq 1,0$  по (6).

$$\sigma = \sigma_\tau (e / e_\tau)^m = S_k, \quad (8)$$

где  $S_k$  - сопротивление разрыву в шейке.

В соответствии с (3) - (8) для проектных эксплуатационных нагрузок  $Q^3(\tau)$  и широко применяемых конструкционных сталей при  $m \approx 0,08 \div 0,18$  изменение локальных напряжений  $\sigma / \sigma_\tau$  составляет 0,25, при изменении деформаций  $e / e_\tau \approx 5,0$ . Это означает появление неопределенностей при расчетах прочности в напряжениях по силовому критерию  $\sigma$  в выражении (3) и требует перехода к расчетам по деформационному критерию

$$e^3_{max}(\tau) = F \{ Q^3(\tau), \sigma_\tau, \alpha_\sigma, m \} \leq [e] = e_{он} / n_e \quad (9)$$

где  $[e], e_{он}$  - допускаемая и опасная деформация соответственно;

$n_e$  - запас по деформациям.

Роль концентрации при этом существенно меняется за счет перераспределения напряжений и деформаций - коэффициент концентрации деформаций  $K_e$  растет, а коэффициент концентрации напряжений падает ( $K_e < \alpha_\sigma$ ).

С учетом (3), (9) запасы  $n_\sigma$  и  $n_e$  связаны степенной зависимостью

$$1,5 < n_e \leq n_\sigma^{1/m} \leq 10 \quad (10)$$

### 3.ОБОСНОВАНИЕ РЕСУРСА

Рассмотренные в п. 2 эксплуатационные проектные нагрузки  $Q^3(\tau)$  по (1) создают номинальные  $\sigma^3(\tau)$  по (2), (3) и максимальные  $\sigma^3_{max}(\tau)$  напряжения и деформации  $e^3(\tau)$ ,  $e^3_{max}(\tau)$  по (4)-(9) в предположении их однократного ( $N^3=1$ ) воздействия [1-3]. В реальной эксплуатации морских подводных трубопроводов и объектов время нагружения  $\tau$  и число циклов нагружения  $N^3$  варьируется в весьма широких пределах:

- от долей секунд до десятков лет по шкале  $\tau$ ;
- от  $10^0$  до  $10^{12}$  по шкале  $N^3(\tau)$ .

Увеличение  $\tau$  и  $N^3(\tau)$  сопровождается целым спектром повреждающих и поражающих факторов, что ведет к снижению критических, предельных нагрузок  $Q^3_k(\tau)$ , напряжений  $\sigma^3_k(\tau)$  и деформаций  $e_k(\tau)$  за счет процессов старения и деградации (рис. 3).

Современные теории длительной и циклической прочности и многочисленные экспериментальные исследования являются основой для построения и использования степенных уравнений долговечности по параметрам времени  $\tau = \tau_k$  и числа циклов  $N = N_k$ . Фундаментальные унифицированные

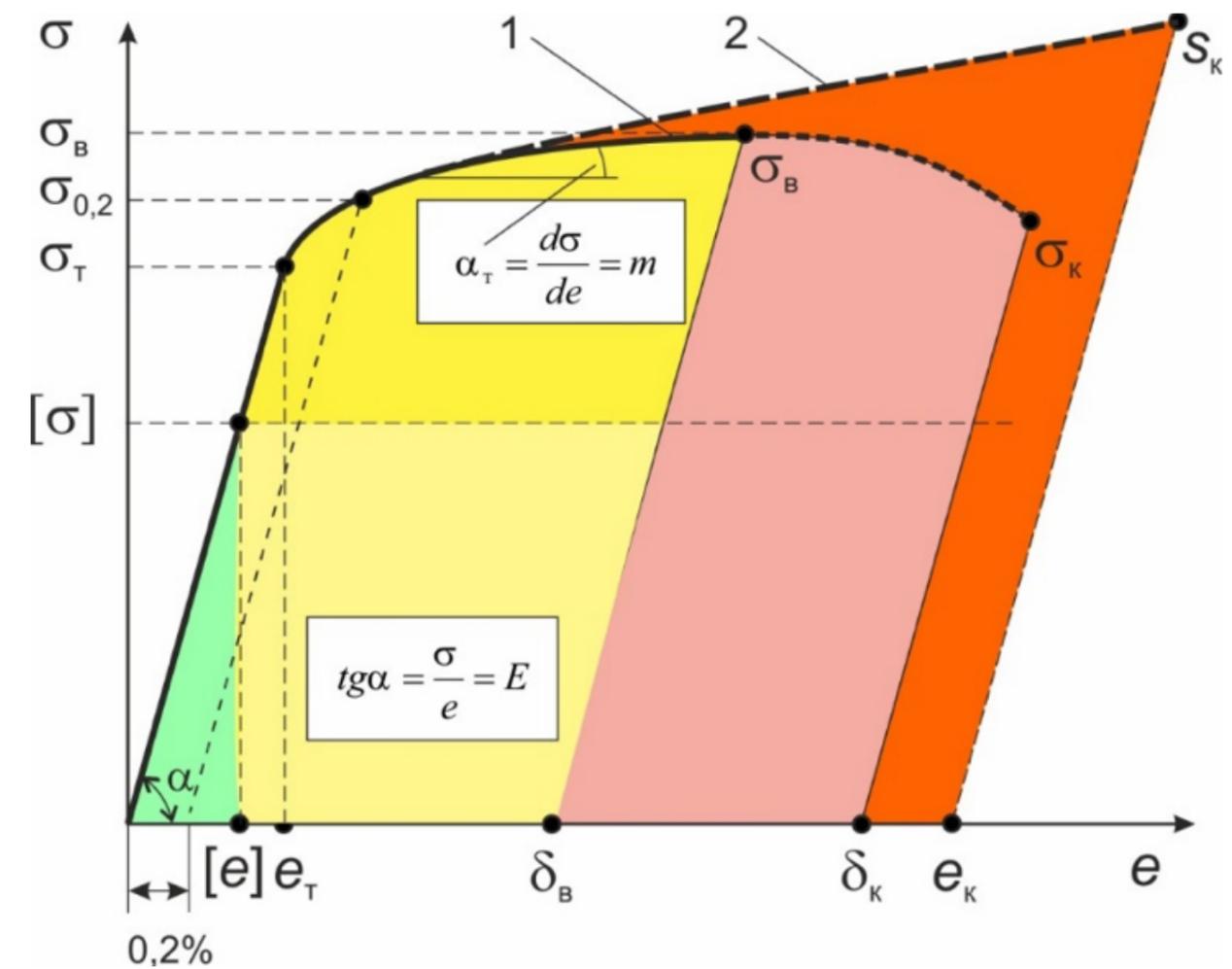


Рис. 2. Диаграмма деформирования при однократном статическом нагружении: 1 - стандартная диаграмма в условных напряжениях и деформациях; 2 - диаграмма деформирования в истинных координатах

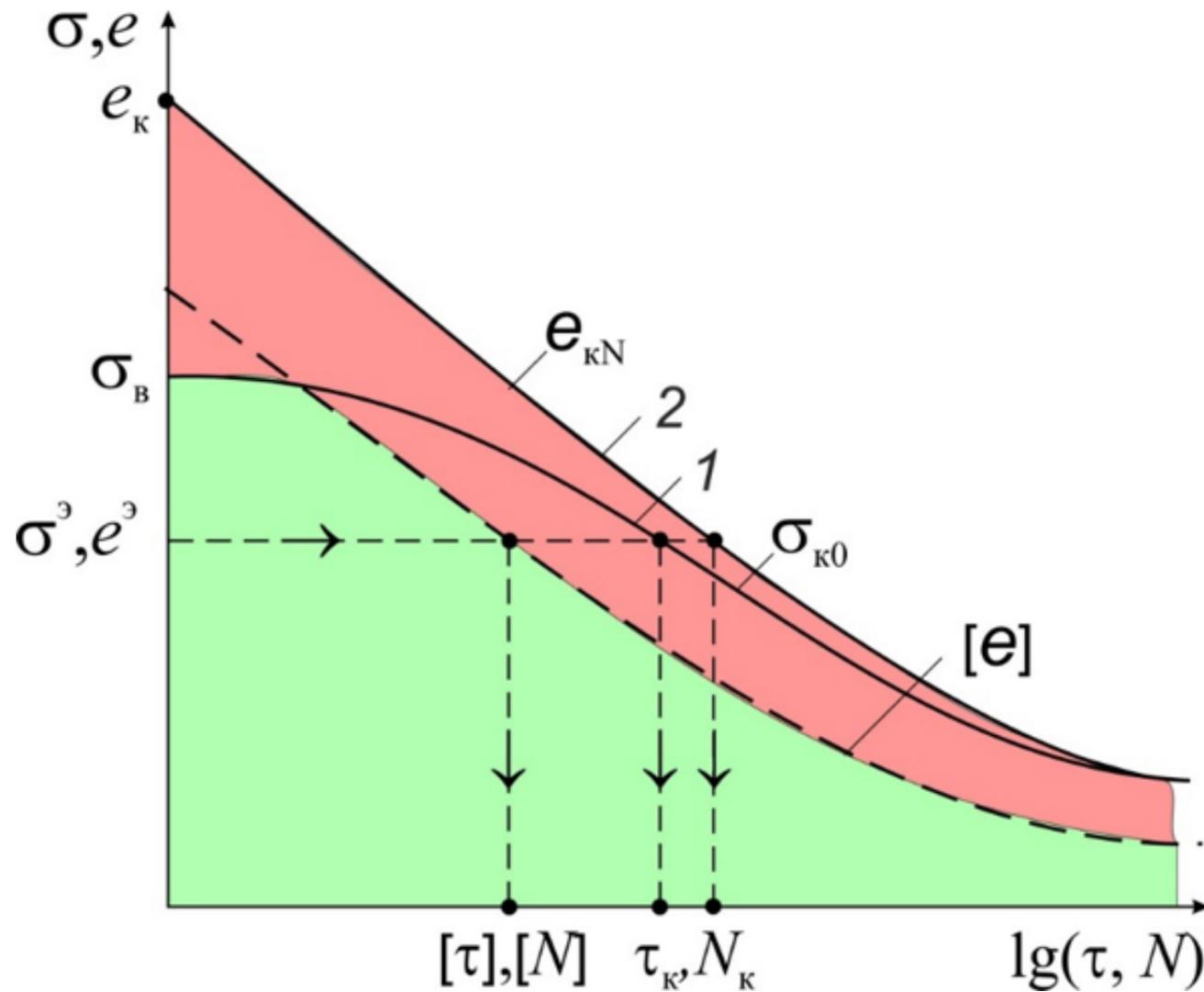


Рис. 3. Кривые циклической и длительной прочности в условных напряжениях (1) и истинных деформациях (2)

расчетные зависимости для штатных ситуаций связывают их с локальными деформациями  $e_{max}$  по (5), (6), (9)

$$e_{max} = \{m^{te}, m^{Ne}, m^{tr}, m^{Np}\} = C_e, e_{pmax} = \{m^{tr}, m^{Np}\} = C_p, \quad (11)$$

где  $m^{te}, m^{Ne}, m^{tr}, m^{Np}$  - показатели степени для кривых долговечности по параметрам упругих  $e_e$  и пластических  $e_p$  деформаций соответственно ( $m_e < m_p$ );

$C_e, C_p$  - характеристики материала, связанные с прочностью ( $S_k$ ) и пластичностью ( $e_k$ ) соответственно.

Для сталей параметры  $S_k, e_k$  определяются экспериментально или расчетом по стандартным свойствам

$$S_k \cong \sigma_B (1 + 1,4\psi_k); e_k = \ln 1/1 - \psi_k \quad (12)$$

где  $\psi_k$  - относительное сужение в шейке при однократном напряжении.

Величины  $m^{tr}, m^{Np}$  с повышением статической прочности ( $200 \leq \sigma_B \leq 600, 420 \leq \sigma_B \leq 800$  МПа) увеличиваются от 0,8 до 0,12 и от 0,5 до 0,6 соответственно.

Величина  $m^{te}$  равна 0,015±0,020, а  $m^{tr}$  - 0,03±0,04.

Для кривых циклической прочности деформации  $e_{max}$  и  $e_{pmax}$  оцениваются в размахам или амплитудах, а для кривых

длительной статической прочности - в максимальных значениях этих деформаций.

В расчетно-экспериментальных оценках ресурса, долговечности и сроков службы одновременно используются две группы запасов:

- по времени  $\tau$  и числу циклов  $N$

$$n_\tau = \tau_k / \tau^3; n_N = N_k / N^3; \quad (13)$$

- по напряжениям  $\sigma$  и деформациям

$$n_{\sigma\tau} = \sigma_B(\tau) / \sigma^3; n_{te} = e_k(\tau) / e^3 \quad (14)$$

Для них выполняются неравенства

$$\{n_\tau, n_N\} \geq \{n_{te}, n_{eN}\} \geq \{n_{\sigma\tau}, n_{\sigma N}\} \quad (15)$$

Используя опыт обоснования ресурса объектов, оборудования и трубопроводов атомной энергетики, для морских подводных трубопроводов можно принять  $\{n_\tau, n_N\}$  на уровне не ниже 2, а  $\{n_\tau, n_N\}$  - не ниже 10. Совместное выполнение условий по уровням запасов  $n_\sigma, n_e, n_\tau, n_N, n_{\sigma\tau}, n_{te}, n_{\sigma N}, n_{eN}$  позволяет количественно оценить прочность и ресурс морских подводных трубопроводов и объектов. По расчетным пара-

метрам ресурса  $\tau_k, N_k$  и назначенным запасам  $n_\tau, n_N$  оцениваются допускаемые ресурсы

$$[\tau] = \tau_k / n_\tau; [N] = N_k / n_N, \quad (16)$$

а по ним допускаемый срок службы

$$[\tau_{cc}] = K_\tau^3 [\tau]; [N_{cc}] = K_N^3 [N], \quad (17)$$

где  $K_\tau^3, K_N^3$  - коэффициенты экономически и технологически обоснованного использования ресурса.

По опыту реальной штатной эксплуатации  $\{K_\tau^3, K_N^3\} = 1,05 \div 1,25$ .

#### 4. ОБОСНОВАНИЕ ЖИВУЧЕСТИ

Рассмотренные выше вопросы проектного обоснования прочности и ресурса базируются на предположении, что на стадиях изготовления, строительства, испытаний и пусков в эксплуатацию морские подводные трубопроводы и объекты проходили необходимые контроль и диагностику и в их несущих элементах отсутствовали дефекты и повреждения за пределами установленных норм [1-3].

В реальной эксплуатации эти требования и условия удовлетворяются не всегда:

- возможны пропуски дефектов, имеющих размеры более допустимых;
- возможно образование и развитие во времени  $\tau$  и по числу циклов  $N$  новых дефектов за пределами допустимых;
- возможно образование дефектов после предварительной длительной эксплуатации с их ускоренным развитием в сильно поврежденных зонах.

В таких ситуациях речь идет о живучести (целостности) трубопроводов и объектов за пределами проектных решений, когда:

- исчерпан расчетный ресурс

$$\tau^3 > \tau; N^3 [N]; d_t + d_n = \tau^3 / [\tau] + N^3 / [N] > 1 \quad (18)$$

- дефектность стала выше приемлемой (допускаемой)

$$I[\tau, N] \geq [I], \quad (19)$$

где  $d_t, d_n$  - накопленные в эксплуатации повреждения;

$I[\tau, N]$  - размер наиболее опасного дефекта типа трещины.

Ограничение живучести по времени  $\tau$  и числу циклов  $N$  проводится на основе расчетов по выражениям (16), (17), (18) для стадии образования опасных трещин.

Живучесть на стадии развития трещин оценивается построением диаграмм разрушения, связывающих степень (скорость) роста трещин в зависимости от трех основных факторов:

- увеличение нагрузок  $Q^3(\tau)$  и, следовательно,  $\sigma^3(\tau), e^3(\tau)$ ;
- повышение времени эксплуатации  $\tau = \tau^3$ ;
- повышение циклической нагруженности при эксплуатации  $N^3(\tau)$ .

Эти зависимости описываются базовыми уравнениями линейной и нелинейной механики разрушения с учетом линейных и нелинейных уравнений состояния (5) - (18). Для несущих элементов с трещинами локальные напряжения в вершине трещин в линейной (упругой) постановке с учетом (2), (4) определяются по выражениям

$$\sigma^3_{max} = K^3_\tau / \sqrt{\pi r}; K^3_\tau = \sigma^3 / \sqrt{\pi l}, \quad (20)$$

где  $r$  - расстояние от вершины трещины;

$K_\tau$  - коэффициент интенсивности напряжений;

$l$  - глубина (протяженность) трещины.

При образовании пластических деформаций  $e^3_{max}$  в зоне трещин их развитие проходит более интенсивно, чем в упругом случае. При этом определяющую роль играет коэффициент интенсивности деформаций

$$K_{ie} = F\{K_\tau(\sigma^3/\sigma_\tau), m\} \quad (21)$$

По аналогии с (19) коэффициент  $K_{ie}$  с ростом  $\sigma^3$  увеличивается быстрее, чем  $K_\tau$  по (20).

В общем случае по аналогии с диаграммой деформирования по (6) диаграммы разрушения записываются в форме

$$\{dl/d_\sigma, dl/d_\tau, dl/d_N\} = F\{K_\tau(\sigma/\sigma_\tau, e/e_\tau), m\} \quad (22)$$

Для большинства конструкционных материалов эти зависимости имеют степенной вид

$$\{dl/d_\sigma, dl/d_\tau, dl/d_N\} = C_k (K_\tau)^{m_k} \quad (23)$$

где  $C_k, m_k$  - параметры трещиностойкости материала, определяемые экспериментально или расчетом.

Величина  $m_k$  - увеличивается с ростом нагруженности ( $2 \leq m_k \leq 5$ ), а  $C_k$  - зависит от прочности и пластичности материала и способа нагружения конструкции.

Так как характеристики прочности ( $\sigma_\tau, \sigma_B, S_k$ ) зависят от времени  $\tau$  и числа циклов  $N$  нагружения по рис. 3, то и скорости развития трещин оказываются зависящими от них (рис. 4).

Исходное нагружение и последующая эксплуатация возможны при трех вариантах:

- отсутствие обнаруживаемых дефектов ( $l=0$ );
- образование «0» допустимого дефекта  $l_0$ ;
- развитие дефекта до критического уровня ( $l=L_k$ ).

Для стадии живучести «0-K» по расчетной диаграмме разрушения вводятся запасы

$$n_{k\sigma} = K_{ic} / K^3_\tau; n_{k\sigma} = K_{ic} / K^3_{ie} l_c / l^3 \quad (24)$$

Здесь в числителе находятся критические значения интенсивности напряжений  $K_{ic}$  и деформаций  $K_{ie}$ , критический размер трещины  $l_c$ , а в знаменателе их величины в заданный момент эксплуатации.

Эти запасы устанавливаются с учетом запасов  $n_\sigma$  по (3) и  $n_e$  по (9), (10)

$$n_\tau \leq n_{k\sigma} \leq n_B \leq \{n_e, n_l\} \quad (25)$$

Вся система критериев и расчетных выражений (1) - (25) и рис. 1 - 4 относилось к обоснованию прочности, ресурса и живучести для проектных ситуаций, в которых должны исключаться кратковременные, длительные и циклические разрушения на стадиях образования и развития трещин. Указанные выше запасы позволяют принимать конструкторские, технологические и эксплуатационные решения для большого числа морских подводных трубопроводов, что определяет их надежность в штатной эксплуатации.

#### 5. ОБОСНОВАНИЕ РИСКОВ, БЕЗОПАСНОСТИ И ЗАЩИЩЕННОСТИ

Все расчетные характеристики определяющих выраже-

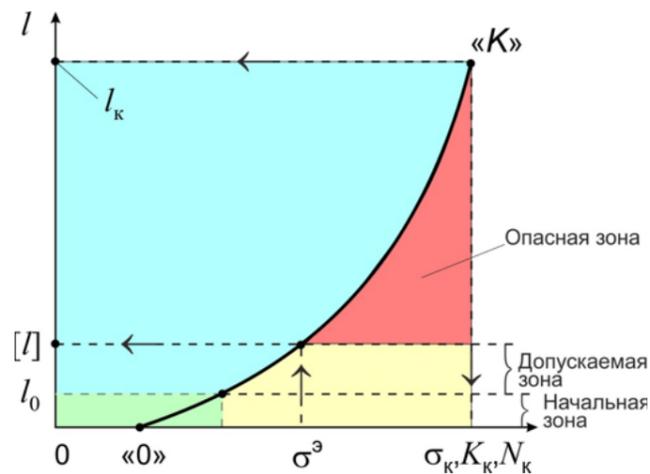


Рис. 4. Диаграмма статического  $\sigma$ , длительного ( $\tau$ ) и циклического ( $N$ ) разрушения

ний (1) – (25) имеют статистическую, вероятностную природу и трактовку [1-5]. Для каждой из них существуют свои функции плотности вероятности  $f(\tau)$  и вероятности  $P_p(\tau)$ . Экспериментами показано, что при вероятностях возникновения опасных состояний  $P_p(\tau) \leq 0,01$  можно пользоваться нормальным законом распределения для параметров напряжений  $\sigma^3(\tau), \sigma_r, \sigma_b, S_k$  и логнормальным для  $\tau_k, N_k, e^{\sigma_{max}}$ . Это позволяет функционально связать базовые запасы прочности  $n_p$ , ресурса  $n_r, n_N$  и живучести  $n_k, n_i$  с вероятностью достижения заданного предельного состояния. Критическая вероятность  $P_{pk}(\tau)$ , определяемая по условию отсутствия запасов

$$P_{pk}(\tau) = F\{n_{\sigma} \leq 1\}, \quad (26)$$

Выражение (26) характеризует наступление всех стадий повреждения и разрушения, ведущих к аварийной и катастрофической ситуации.

Для расчетного анализа статической прочности количественная связь между запасами  $n_p$ , расчетными напряжениями  $\sigma^3 = \sigma^3(\tau)$ , пределами прочности  $\sigma_b$  и  $P_p(\tau)$  вероятностям оценивается по выражениям

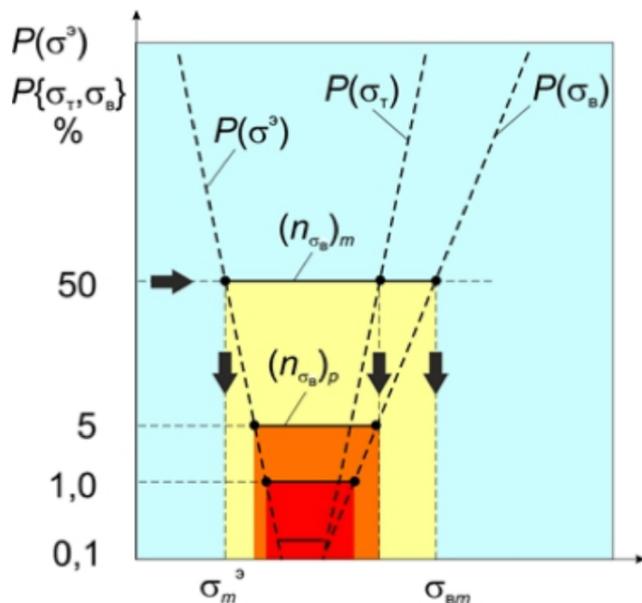
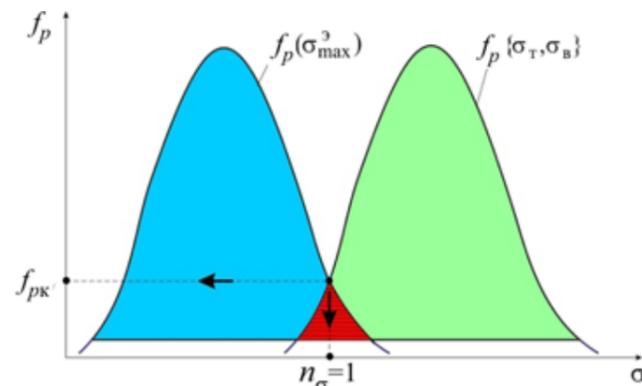
$$\sigma^3(\tau) = \sigma_b (1 - Z_p v_p), \quad Z_p = 1 - n_p / \sqrt{v_{\sigma}^2 n_p^2 v_{\sigma^3}^2}, \quad (27)$$

где  $v_p, v_{\sigma^3}$  - коэффициенты вариации пределов прочности и эксплуатационных напряжений;

$Z_p$  - квантиль нормального распределения.

Для морских подводных трубопроводов и объектов величины  $v_{\sigma}$  могут составлять  $0,03 \div 0,08$ , а величины  $v_{\sigma^3}$  - до  $0,05 \div 0,10$ . При принятых и указанных выше запасах статической прочности  $n_p$  - до  $2,0 \div 2,5$  критические вероятности  $P_{pk}$  по вычисленным на основе (27) квантилях устанавливаются по табулированным значениям  $Z_p$ . В этом случае вероятности  $P_{pk}$  статического разрушения находятся на уровне не выше  $10^{-8} \div 10^{-10}$ , что с практической точки зрения при сроках службы до 50 лет является пренебрежимым ( $p_{pk} < 2 \cdot 10^{-8}$  1/год).

Вместе с тем, учет уменьшения критических разрушающих напряжений вследствие старения, деградации, циклической, дефектности (см. п.п. 3, 4), а также повышение эксплуатационных воздействий, сопровождающихся увеличением и  $v_p, v_{\sigma^3}$  может приводить к существенному увеличению  $P_{pk}$  до  $10^{-2} \div 10^{-3}$  1/год. Если обоснование статической, циклической и длительной прочности при данном анализируемом



На рис. 5 показана схема оценки изменений опасности состояний трубопроводов и объектов

состоянии морского подводного трубопровода и объекта выполнено по средним значениям  $\sigma_r, \sigma_b$  и  $\sigma^3$  при  $P_p = 0,5$ , то при наличии прямой экспериментальной информации на  $n_i$ -измерениях можно определить вероятность  $P_i(\tau)$  и уточнить закон распределения

$$P_i(\tau) = 1 - 0,5 / n_i, \quad (28)$$

где  $i$  - порядковый номер измерений.

На рис. 5 показана схема оценки изменений опасности состояний трубопроводов и объектов.

Аналізу опасности состояний и предупреждению дальнейшего их развития соответствуют определенные научные, технологические и экономические затраты и ущербы  $U(\tau)$  на исследование, диагностику, расчеты, построение защиты, ликвидацию последствий. По длительному опыту в различных отраслях техники между параметрами  $P_p(\tau)$  и  $U(\tau)$  существуют зависимости степенного вида

$$U(\tau) = C_p P_p(\tau)^{m_p} \quad (29)$$

где  $C_p, m_p$  - характеристики опасности трубопровода или объекта.

Величина  $m_p$  находится в пределах  $1,8 \div 2,2$ . Для тяжелых

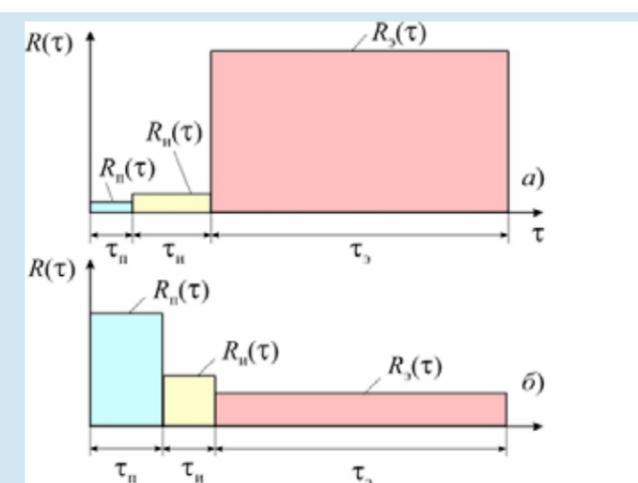


Рис. 6. Сопоставительный анализ эффективности перехода от традиционной (а) на новую риск-ориентированную методологию (б) нормирования, управления рисками для повышения безопасности и защищенности

аварий и катастроф на критически важных морских подводных трубопроводах и объектах  $P_p(\tau)$  находится в интервале от  $3 \cdot 10^{-3}$  1/год до  $10^{-2}$ , а  $U(\tau)$  - от 1010 до 1011 руб.

По величинам  $P_{pk}$  и  $U(\tau)$  устанавливаются риски  $R_k(\tau)$  разрушений, аварий и катастроф

$$R_k(\tau) = F\{P_p(\tau) U(\tau)\} \approx P_{pk}(\tau) U_k(\tau) \quad (30)$$

Указанным выше вероятностям и ущербам отвечают риски  $R_k(\tau)$  в интервале  $107 \div 109$  руб./год.

В соответствии с требованиями риск-ориентированного подхода для снижения рисков  $R(\tau)$  до приемлемого уровня  $[R(\tau)]$  необходимо выполнение условий, аналогичных (3), (9), (13), (14), (16), (17)

$$R(\tau) \leq [R(\tau)] = R_k(\tau) / n_r \quad (31)$$

где  $n_r$  - запас по рискам.

В силу малой изученности, сложности и неопределенности в оценках рисков для морских подводных трубопроводов и объектов запасы  $n_r$  не могут быть меньше  $n_p$ ; для них в качестве исходных целей можно ориентироваться на величины  $n_r > 3/5$ .

При этом безопасность  $S(\tau)$  оценивается по сопоставлению рисков  $R(\tau)$ , формирующихся на данной стадии жизненного цикла и приемлемых рисков  $[R(\tau)]$  по (31)

$$S(\tau) = [R(\tau)] - R(\tau) \quad (32)$$

Если  $S(\tau) \geq 0$ , то безопасность можно считать обеспеченной и наоборот; она оценивается в экономических показателях (руб./год).

На основе (31), (32) количественно может быть оценена защищенность от разрушений, аварий и катастроф

$$Z(\tau) = 1 - R(\tau) / [R(\tau)] \quad (33)$$

Если  $S(\tau) > 0$ , то защищенность обеспечена и наоборот.

Для выполнения условий безопасности по (32) и защищенности по (33) необходимо предусматривать комплексы научных, расчетных, экспериментальных, диагностических, надзорных и нормативно-технических мероприятий с расчетными затратами  $Z_r(\tau)$  на снижение рисков  $R(\tau)$  до приемлемого уровня

$$Z_r(\tau) = 1 / m_z \{R(\tau) - [R(\tau)]\}, \quad (34)$$

где  $m_z$  - коэффициент экономической эффективности затрат.

Передовой отечественный и зарубежный опыт показывает, что величину  $m_z$  - можно достичь на уровне  $5 \div 10$ . Тогда ежегодные затраты на поддержание безопасности уникальных, критически значимых морских подводных трубопроводов и объектов могут составлять не менее  $10^6 \div 2 \cdot 10^7$  руб.

## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Переход на комплексное обоснование, нормирование и обеспечение прочности, ресурса, живучести, безопасности и защищенности морских подводных трубопроводов и объектов с использованием традиционных расчетов прочности и новых риск-ориентированных подходов будет способствовать реализации принципиально новой методологии проектирования, испытаний, строительства и эксплуатации (рис. 6).

В соответствии с действующей нормативной базой при ограниченном внимании к первой (проектирование) и второй (испытание) стадиях жизненного цикла основ основные риски формировались на третьей стадии - эксплуатации. Кардинальный пересмотр этой методологии при увеличении затрат на первую и вторую стадии жизненного цикла может существенно сократить не только риски на третьей стадии, но и интегральные риски для всех трех стадий.

**Работа выполнена при поддержке РНФ - грант 20-19-00769.**

## ЛИТЕРАТУРА

1. Морская наука и техника. Научно-технический журнал. Специальные выпуски. 2022-2024, №№ 1, 5, 6, 7.
2. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. - М.: МГОФ «Знание», 1998-2024, т.1 - 68.
3. Махутов Н.А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки. - Новосибирск: Наука, 2017. - 724 с.
4. Probabilistic modeling in System Engendering. - London: Intech Open, 2018. - 278 p.
5. Исследования и обоснование прочности и безопасности машин / Под ред. Н.А. Махутова, Ю.Г. Матвиенко, А.Н. Романова. - М.: МГОФ «Знание», 2023. - 832 с.

# ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ ЗАДАЧИ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ



*Колбин Сергей Николаевич - Председатель Комитета по экономике и инвестициям Законодательного собрания города Севастополя, Член научного совета при Совете Безопасности Российской Федерации, имеет многолетний стаж управления подразделениями войск Национальной гвардии РФ в Республике Крым. С 2023 года участвует в работе Межведомственного экспертного совета по безопасности морских подводных трубопроводов и объектов, назначен заместителем председателя МЭС.*

Дорогие друзья, коллеги. Наша конференция обсуждает важнейшую проблему безопасной добычи углеводородов на континентальном шельфе Российской Федерации. В современных условиях континентальный шельф становится ключевой областью в поддержании мировой добычи нефти и газа. За последние десять лет более 2/3 запасов углеводородных ресурсов было открыто именно на шельфе. Многие месторождения освоены или активно

осваиваются. Основное внимание сейчас смещается на Арктический шельф. Во всех приарктических государствах приняты правовые акты, закрепляющие стратегическое значение Арктики в первую очередь с точки зрения запасов углеводородных ресурсов. Российская часть арктического шельфа занимает около 21% протяженности всего шельфа Мирового океана. Границы арктического шельфа России установлены нормами международного права и

двусторонними соглашениями. Шельф Арктики разделен на пять зон, прилегающих к северным границам Дании, Канады, Норвегии, Российской Федерации и США. Каждая из этих стран обладает исключительно экономическими зонами, простирающимися более чем на 300 км от их береговых территорий. Статус континентального шельфа Российской Федерации определен Законом РФ №187-ФЗ от 25 октября 1995 года «О континентальном шельфе Российской Федерации».

Существует ряд других законов и нормативно-правовых актов, которые регулируют права и осуществляют юрисдикцию Российской Федерации на континентальном шельфе. Их положения определяют исключительные суверенные права в целях разведки континентального шельфа и разработки его минеральных ресурсов. Существует проект Федерального Закона «Об Арктической зоне Российской Федерации», который регулирует отношения, возникающие в связи с реализацией государственной политики, направленной на создание условий для комплексного развития Арктической зоны Российской Федерации. Данный проект содержит положения, регулирующие организацию рационального природопользования и охрану окружающей среды, предусматривает особенности реализации государственной инвестиционной политики в Российской Арктической зоне.

В условиях жесткой международной конкуренции за ресурсы на морском шельфе, все страны, имеющие такой шельф, активно разрабатывают стратегии и нормативно-правовые базы освоения их ресурсов. В Российской Федерации основополагающими документами в этом направлении являются указанный закон №187-ФЗ и Морская доктрина. Морская доктрина определяет современные интересы, вызовы и угрозы национальной безопасности Российской Федерации в Мировом океане. Основная стратегическая цель Морской доктрины заключается в реализации и защите суверенных прав государства на континентальном шельфе страны. Указом Президента Российской Федерации от 26.10.2020 года № 645 определена «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года». Указом Президента Российской Федерации от 13 августа 2024 года создана Морская коллегия, в целях повышения эффективности морской политики Российской Федерации и защиты национальных интересов.

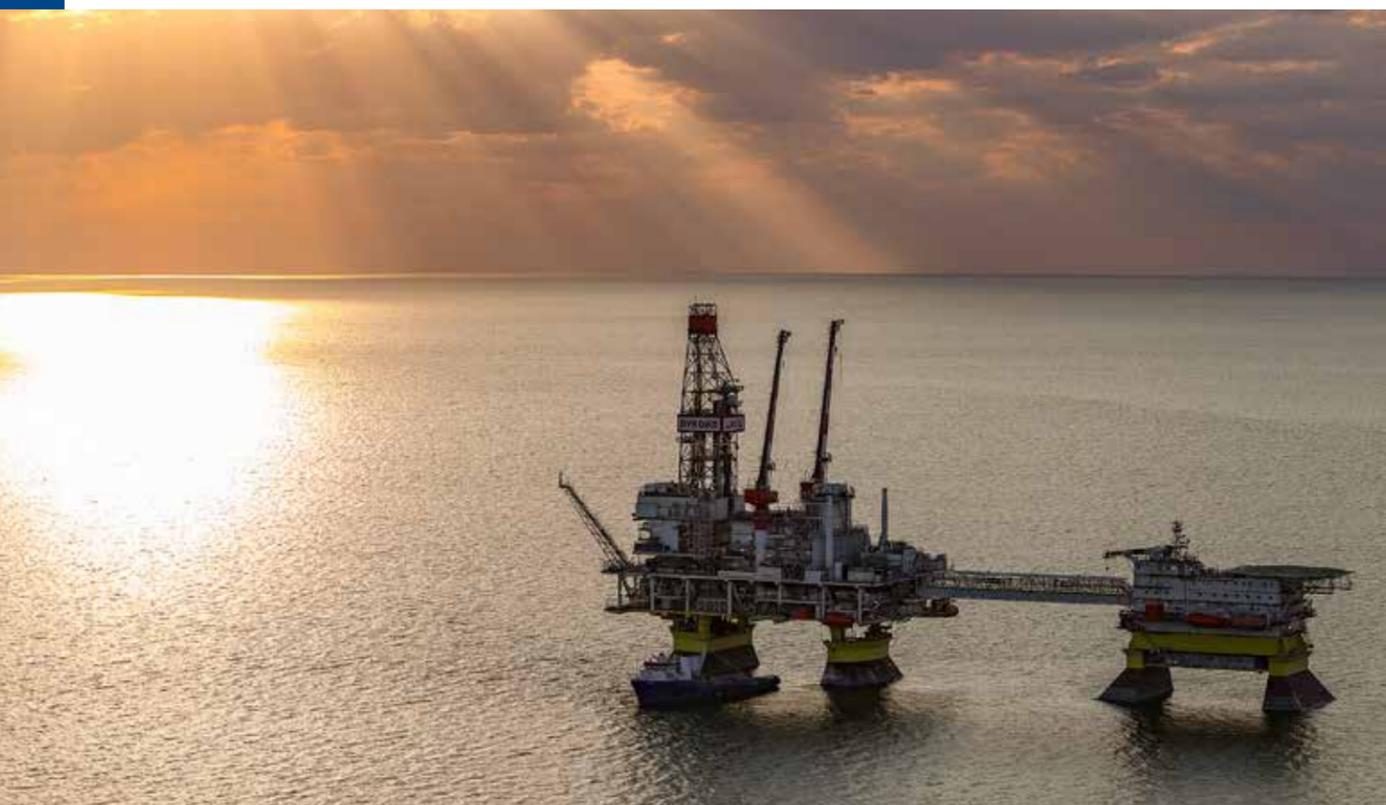
Важным аспектом правового регулирования вопросов освоения континентального шельфа является обеспечение безопасности проводимых работ, объектов морской инфраструктуры и прилегающих к ним акваторий. Согласно Морской доктрине, обеспечение безопасности осуществляется путем:

- координации деятельности органов государственной власти и организаций всех форм собственности с определением и разграничением сферы их полномочий и ответственности;
- оснащения объектов морской инфраструктуры современными системами обеспечения безопасного функционирования (включая роботизированные), в том числе в целях защиты от противоправного вмешательства в их деятельность;
- выявления, предупреждения и пресечения специальными государственными службами диверсионных и террористических актов, иных противоправных действий в отношении объектов морской инфраструктуры.

Следует отметить, что при обеспечении безопасности морских объектов на шельфе возникает ряд правовых коллизий, не урегулированных национальным и международным законодательством. Ключевая роль в обеспечении морской безопасности принадлежит таким структурам, как Совет безопасности ООН и Международная морская организация (International Maritime Organization, IMO), которая является специализированным агентством ООН. Перспектива увеличения количества морских угроз и необходимость противодействия им заставили другие организации и учреждения принять лидерство IMO в данной сфере. Так, в 2002 г. государства – члены IMO (в том числе Российская Федерация) приняли масштабные изменения к Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 г., а в 2005 года была полностью пересмотрена Конвенция по борьбе с незаконными актами, направленными против безопасности морского судоходства. При этом основное внимание уделено морскому пиратству. Конвенция ООН по морскому праву 1982 г. (United Nations Convention on the Law of the Sea, UNCLOS) определяет морское пиратство как незаконный акт насилия или задержания, которые совершаются в личных целях, в открытом море или в любом другом месте за пределами юрисдикции государства, например на неконтролируемых территориях.

За рамками данной конвенции остались целенаправленные несанкционированные действия в виде диверсий, террористических актов и захватов морских платформ и других морских объектов на шельфе. А именно такие действия представляют сегодня основную угрозы для морских объектов. В качестве примеров здесь можно указать атаки на платформы в Мексиканском заливе и у берегов Бразилии. Особо можно выделить атаку организации «Greenpeace» на платформу «Приразломная». По указанной конвенции прибрежное государство может на законных основаниях преследовать атакующее судно из территориального моря, архипелажных вод или прилегающей зоны в открытом море в случае наличия подозрений, что такое судно нарушило закон этого государства. Однако если преследование начинается в прилегающей зоне, оно может проводиться только после нарушения судом правил, которые касаются прилегающей зоны, например нарушения таможенного режима. Аналогичным образом, если иностранное судно нарушает законные правила прибрежного государства, относящиеся к исключительной экономической зоне, например государственные законы о рыболовстве, прибрежное государство может инициировать преследование судна из исключительной экономической зоны в открытом море. Однако процесс преследования по горячим следам не может распространяться на территориальное море другого государства без получения разрешения этого государства.

При террористической атаке или захвате морских платформ возникает более сложная правовая проблема. Несмотря на то, что нефтяные платформы достаточно давно используются для освоения морских нефтегазовых месторождений, на сегодняшний день не существует единой правовой позиции в отношении статуса данного имущества. Сложность квалификации таких объектов заключается в том, что фактически они бывают двух видов – стационарные и плавучие. В связи с этим, в мировой практике можно встретить три основных подхода: нефтяная платформа квалифицируется как «судно», «искусственный остров» или как «установка, сооружение» с момента ее установки на месторождении в морских акваториях для разведки и разработки природных ресурсов. Однако квалификация морской нефтяной платформы не является





формальной и чисто логической операцией, поскольку от ее определения зависит не только объем юрисдикции прибрежного государства, но и проблемы возмещения ущерба от разливов нефти, а также вопросы безопасности нефтегазовых объектов.

Международное право не устанавливает ясно и четко юридический статус данного имущества - относятся ли морские нефтяные платформы к категории «судно» или к «искусственным установкам и сооружениям» с момента установки на месторождении, что порождает многочисленные трудности. Конвенция по морскому праву (далее UNCLOS) не содержит определений «судно» (vessel), «корабль» (ship), «искусственный остров, установка и сооружение». В связи с чем, неясно, следует ли квалифицировать морские нефтяные платформы как «судно» или как искусственные сооружения. Такая неоднозначная квалификация морских нефтяных платформ, предоставляет нефтяным компаниям выбор - регистрировать имущество по национальному праву как «судно» или как «сооружение». Международное право, национальное законодательство, судебная практика и практика нефтяных компаний склонна рассматривать плавучие буровые установки в качестве судна, а в отношении морских стационарных платформ - практика противоречива. Квалификация морских нефтяных платформ в качестве «судна» и регистрации их в государственных судовых реестрах, в то время как они фактически используются в качестве «установок и сооружений» на морском дне для разведки и освоения ресурсов имеет серьезные юридические последствия. Квалификация морских нефтяных платформ в качестве «судна» подчиняет их юрисдикции, которой подчиняются морские торговые суда: исключительной юрисдикции государства флага и ограниченной юрисдикции прибрежного государства. Так, к примеру в деле «Arctic Sunrise» (связано с инцидентом в Печорском море в 2013г., когда активисты «Гринпис» попытались подняться на нефтяную платформу «Приразломная» чтобы провести акцию против нефтедобычи в Арктике) спор вокруг юридического статуса морской стационарной платформы был ключевым во время рассмотрения дела по существу. Прокурор ссылался на свидетельство о праве собственности на судно, в котором указывалось, что, по данному реестру, морская стационарная платформа является судном, адвокаты арестованных членов экипажа настаивали на том, что нефтяная платформа имеет статус «искусственный остров».

В национальной практике государств морские буровые установки, как правило квалифицируются как суда, морские стационарные платформы - как стационарные

сооружения. Однако, не смотря на наличие определений в регистрах судоходства, на практике возникает много вопросов. Так, морская стационарная платформа одновременно полностью подпадает под признаки «судна» - наличие флага, название, позывной сигнал, необходимость регистрации в государственном судовом реестре.

С другой стороны, при квалификации морской стационарной платформы в качестве «сооружения» и объекта недвижимого имущества, по российскому законодательству необходимо будет доказать, что в соответствии с абз. 1 п. 1 ст. 130 Гражданского кодекса Российской Федерации морская стационарная платформа прочно связана с морским дном. В свою очередь, вывод о том, что морские стационарные платформы, установленные на грунте, не соответствуют понятию «судно» обусловлен спецификой конструкции, технологическим назначением, габаритами, особенностями доставки, установки.

В Конвенции UNCLOS закреплены пять водных акваторий (территориальное море, прилежащая зона, исключительная экономическая зона, континентальный шельф, открытое море) каждая из которых обладает своей юрисдикцией и различается объемом контролируемых правомочий органов прибрежного государства либо государства флага судна разрешать правовые вопросы, связанные с деятельностью морских судов. Каждая акватория обладает своими правилами прохода судов, и, соответственно, в каждой морской акватории государства, как прибрежные, так и занимающиеся судоходством, обладают различными правами и обязанностями. Прибрежное государство в границах исключительной экономической зоны обладает суверенными правами вести разведочные работы, эксплуатировать, сохранять и управлять ресурсами углеводородов. Также, в пределах данной зоны прибрежное государство обладает ограниченной юрисдикцией в отношении защиты и сохранения морской среды, созданием и использованием искусственных островов, установок и сооружений. При этом прибрежное государство в исключительной экономической зоне имеет «исключительное право сооружать, а также разрешать и регулировать создание, эксплуатацию и использование таких сооружений» (п. 1 ст. 60 UNCLOS). Несмотря на это, оно не может требовать от «судов», ведущих деятельность в его исключительной экономической зоне, соблюдать особые стандарты проектирования и конструкции.

Одновременно с этим UNCLOS также предусматривает, что исключительная экономическая зона представляет собой район открытого моря, в том числе для судоходства. Никакое государство не вправе претендовать на подчи-



нение какой-либо части открытого моря своему суверенитету. Причем законы прибрежного государства не распространяются на стандарты проектирования и конструкции иностранных судов. Из этого следует, что морские платформы, регистрируемые как «суда» могут проектироваться по стандартам проектирования других государств, с иными требованиями безопасности, чем у государства, которому принадлежит шельф.

Рассмотренная проблема усложняется тем, что морские объекты могут быть расположены в различных пространствах Мирового океана, характеризующихся различным международно-правовым статусом. Особую проблему представляет защита морских объектов от несанкционированных действий в виде террористических актов. Невозможность размещения на таких объектах специальных подразделений и систем вооружения делает их совершенно незащищенными перед лицом таких угроз.

В последние несколько лет Россия активизировала усилия по освоению обширных запасов углеводородных ресурсов на своём континентальном шельфе в рамках государственных инициатив, направленных на стимулирование добычи нефти и газа. На 2023 год площадь шельфа и континентального склона Российской Федерации составляла 6,2 млн кв. км, причём значительная часть указанной площади приходится на Арктический регион. Эта цифра может оказаться ещё больше, поскольку правительство Российской Федерации завершает работу над программой разведки Арктического континентального шельфа и разработки его минеральных ресурсов. Активизация геологоразведочных работ является одним из основных приоритетов, заявленных в рамках программы, и главную

роль в достижении поставленных целей должны сыграть инвестиции государственных российских нефтегазовых компаний, таких как ПАО «Лукойл», ПАО «Газпром» и других компаний. При этом следует отметить, что в законе Российской Федерации «О недрах» указаны требования к пользователям недр на участках континентального шельфа. Такими пользователями могут быть юридические лица, которые созданы в соответствии с законодательством Российской Федерации, имеют опыт освоения участков недр континентального шельфа Российской Федерации не менее чем пять лет или в которых доля (вклад) Российской Федерации в уставных капиталах составляет более чем пятьдесят процентов, и (или) в отношении которых Российская Федерация имеет право прямо или косвенно распоряжаться более чем пятьюдесятью процентами общего количества голосов, принадлежащих на голосующие акции (доли), составляющие уставные капиталы таких юридических лиц. На данный момент указанным требованиям соответствуют только компании ПАО «Газпром», ПАО «НК Роснефть» и АО «Зарубежнефть».

В заключении хочу отметить следующее. Проблема законодательного обеспечения безопасности морской техники является сложной и многогранной. Она затрагивает аспекты как национального, так и международного законодательства. Для ее решения требуется активное международное сотрудничество, которое в настоящее время крайне осложнено санкционными ограничениями. В этих условиях Правительство Российской Федерации, Государственная Дума и Совет Федерации делают все возможное для правового регулирования безопасности морских объектов на континентальном шельфе России.

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ МЭС, ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР  
ООО «НТЦ «НЕФТЕГАЗДИАГНОСТИКА» ЛЕЩЕНКО ВИКТОР ВИКТОРОВИЧ



**Группа компаний «Нефтегаздиагностика»** – основана в 1997г. комплексные решения обеспечения промышленной безопасности.

**ООО «НТЦ «Нефтегаздиагностика»** - ТД, ВТД, диагностика и ремонт Морских Подводных Трубопроводов, предпусковая диагностика, опрессовка, осушка, азотирование трубопроводов.

**ООО «ОКБ «Нефтегаздиагностика»** - разработка интеллектуальных внутритрубных снарядов, прецизионная металлообработка.

**ООО «ПСО «Нефтегаздиагностика»** - производство композитных муфт для ремонта трубопроводов.

**ООО «Северная Морская Компания» (г. Санкт-Петербург)** - разработка морских операций.

**Многопрофильное предприятие ООО «МК Каскад»** – судоремонт, водолазные обследования и подводно-технические работы, судовое обеспечение.

Подводная нефтегазовая инфраструктура, включая морские подводные трубопроводы (МПТ) - один из важнейших элементов обеспечения добычи углеводородов на шельфе и обеспечение её работоспособности и безопасной эксплуатации является важнейшей задачей так, как, даже небольшой инцидент с разливом нефтепродуктов на море чреват тяжёлой экологической катастрофой и огромными убытками.

При кажущейся простоте, МПТ – это очень сложное и ответственное инженерное сооружение - протяженный объект, эксплуатирующийся в агрессивной коррозионной среде, испытывающий сложные разнонаправленные нагрузки, проектные и запроектные воздействия. При этом, содержащий под большим давлением огромные объемы опасных веществ.

**Морская Доктрина РФ** определяет МПТ как критически важные объекты экономики России. А с учетом объема транспортируемых опасных веществ и действующих повреждающих факторов - МПТ это объекты самой высокой степени опасности, опасные производственные объекты первой категории.

Безопасная эксплуатация подводной нефтегазовой инфраструктуры подразумевает необходимость наличия специальных законодательных Актов, нормативно-технического обеспечения - стандартов, регламентов, протоколов на весь жизненный цикл объекта. Современных адекватных методик расчета допустимых нагрузок, прочности, прогнозирования устойчивости конструкций с различными дефектами под действием повреждающих факторов.

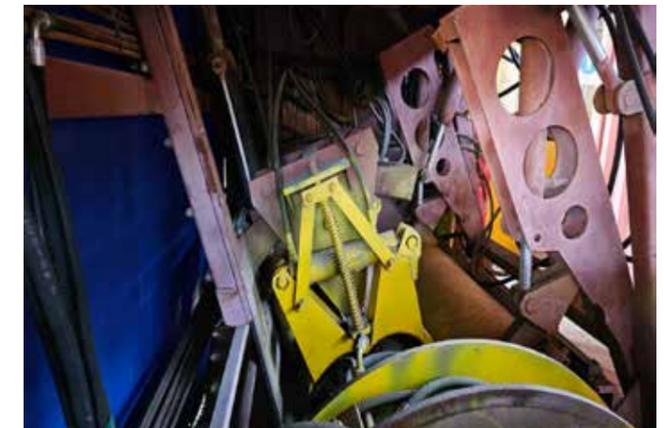
Помимо нормативного обеспечения, необходим полный спектр соответствующих технологий и навыков. Методов диагностирования технического состояния, выявления дефектов, технологий ремонта и реконструкции. Наличие производственной инфраструктуры - спецсуда, комплексы глубоководного ремонта, телеуправляемые и автономные подводные аппараты различных классов (ROV, АНПА), протоколы обслуживания.

Обеспечение безопасной эксплуатации и защищенности подводной инфраструктуры имеет законодательную, научную, инженерную и организационно-техническую составляющую.

С учетом заявленных планов России на полноформатное освоение арктического региона необходимо иметь весь спектр технических решений, средств, производственной инфраструктуры, нормативного обеспечения (в том числе, планы действий, методики, ППР и многое другое) на все возможные случаи.

Ввиду чрезвычайной потенциальной опасности и важности МПТ, каждый этап жизненного их цикла (проектирование, строительство, эксплуатация, ремонты/реконструкция, утилизация) должен осуществляться при строгом соблюдении соответствующих законодательных, регламентирующих и предписывающих документов.

Сегодня зарубежный опыт проектирования, строительства и эксплуатации подводной нефтегазовой инфраструктуры МПТ намного богаче и значительно более отрегулирован, имеющаяся нормативная база содержит огромное



количество взаимосвязанных, многоуровневых стандартов, методик, регламентов. Основные признанные законодателями в этой области - DNV, API, ASME, ABS... Этот опыт необходимо тщательно изучать и использовать.

При этом зарубежные нормативы не в полной мере соответствуют специфике РФ (другие конструкционные материалы, другая система надзора, более того, нигде за рубежом не ведётся добыча углеводородов в акваториях с тяжёлой ледовой обстановкой и при этом с активной сейсмикой. Санкционные барьеры в любом случае будут входить в противоречие с положениями зарубежных норм и стандартов.

С учетом наших природных условий, сегодня некоторых критически важных технологий, обеспечивающих безопасную эксплуатацию МПТ в условиях России нет ни у кого! (льды, стамухи, промерзания на мелководье и движущиеся ледовые поля и многое другое).

Появились новые угрозы - риски антропогенного/террористического воздействия, с которыми еще не сталкивался никто в мире и пока не существует полноценного адекватного противодействия этим угрозам.

Эти технологии еще предстоит создавать и разрабатывать под них соответствующую нормативную базу.

Очевидно, что вопрос развития отечественной национальной системы обеспечения целостности и безаварийной эксплуатации морских подводных трубопроводов (МПТ) имеет критически важное значение, особенно с учетом санкционного давления.

Если попытаться провести укрупненный анализ её со-

временного состояния в целом можно выделить несколько моментов:

До недавнего времени большинства отечественных технологий - диагностирования, ремонта, реконструкции, МПТ, а также специализированных документов не существовало в принципе. Однако в последние годы, особенно после 2014г наметились некоторые позитивные изменения.

В области нормативно-технического обеспечения с одной стороны, как и раньше, продолжает наблюдаться полное равнодушие к проблеме со стороны государственного надзорного органа - Ростехнадзора, сохраняются попытки заполнения нормативно вакуума за счёт простого перевода или косметического переписывания иностранных стандартов. При этом, благодаря прежде всего усилиям «Межведомственного совета по безопасности морских подводных трубопроводов и объектов» (МЭС) ситуация начала качественно изменяться.

В МЭС уже собраны ведущие ученые по данной проблематике-ключевые отраслевые специалисты.

Проведён глубокий всесторонний анализ имеющихся отечественных и мировых наработок по нормативно-техническому обеспечению:

- Заложена основа системы НТД обеспечения безопасности МПТ;
- Имеется понимание направлений создания и развития отечественной системы нормативно-технического обеспечения безопасности МПТ;



- Разработан план разработки нормативных документов;
- Созданы первые базовые нормативно-технические документы;

В развитие международных стандартов DNV-OS-F101 и DNV-RP-F101, завершена разработка революционной методики обеспечения безопасной эксплуатации МПТ с дефектами по критериям риска аварий, которую уже начинают цитировать за рубежом! Данная методика на сегодня представляется наиболее адекватной с точки зрения материаловедения, теории прочности и механики разрушения.

Необходимо отметить всестороннюю поддержку и активную работу в МЭС со стороны Российского Морского Регистра Судоходства.

Что касается сферы обеспечения технологической безопасности, в том числе санкционной можно зафиксировать, что в основном завершён комплексный анализ недостающих отечественных критических технологий:

- Ведутся активные НИОКР по созданию отечественных технологий (ПДК, подводных заканчиваний скважин, шлангокабелей, систем управления и т.д.);
- Нарбатывается опыт разработки и создания ROW, АНПА, подводной резидентной техники;
- Разработана база технических решений и инфраструктура ремонта МПТ, обеспечивающая большинство потребностей;
- Имеются серьёзные наработки в области создания отечественных диагностических комплексов для обследования МПТ (MFL, UT/WM, G-MAP);
- Проведен анализ требований к спец. судам для разных регионов- пилотное судно «Нептун» успешно введено в эксплуатацию;
- Создан первый в России технологический кластер по ремонту МПТ (г. Астрахань).

Конечно, предстоит ещё провести огромный объём работы, но сделано самое главное - на проблематику сконцентрировано внимание и уже есть первые результаты! Таким образом можно фиксировать сдержанный оптимизм.

Отдельное внимание необходимо уделить антропогенным угрозам.



Можно отметить основные специфические моменты:

- Это целенаправленное воздействие на наиболее уязвимый и потенциально опасный элемент конструкции;
- Осведомленность исполнителей и знание специфики конкретной конструкции;
- Разница во времени проведения подготовительных операций и воздействия;
- Узкий круг посвящённых, непосредственных участников и потенциальных исполнителей;
- Профессионализм исполнителей;
- Скрытность и маскировка под стандартную деятельность и операции.

Угроза разоблачения исполнителей, один из значимых сдерживающих факторов.

Что мы можем противопоставить этому уже сейчас, чтобы уменьшить террористические риски?

У нас есть глубокое понимание конструкции МПТ и других подводных нефтегазовых объектов, их уязвимостей по

всему жизненному циклу МПТ (мы сами, лучше всех знаем наиболее слабые и проблемные места, которые подлежат особому вниманию);

Наработана научная база для моделирования и анализа террористических угроз (воздействия), прежде всего в энциклопедическом издании «Безопасность России» под редакцией Н.А. Махутова;

Ведется анализ технологий и методов воздействия; Начат анализ технологий противодействия и алгоритмов снижения угроз.

При этом, разрабатывая меры защиты и противодействия, очевидно, необходимо исходить из принципа разумной достаточности – затраты на защиту не должны превышать доходов от эксплуатации охраняемого объекта.

**Ну и конечно необходимо четко и явно обозначить - нападение на наши трубопроводы – однозначно классифицируется как нападение на государство!**

Как ни парадоксально, но на сегодня наибольшую тревогу вызывает не урегулировалось отрасли со стороны законодательства.

Учитывая специфику морских подводных нефтегазовых объектов, не вызывает сомнений, что морские нефтегазовые сооружения в обязательном порядке должны рассматриваться как критически и стратегически важные объекты экономики России. И это должно быть однозначно утверждено в соответствующих федеральных законах.

При этом, в настоящее время в Российской Федерации есть перечень стратегических предприятий и направлений деятельности, но до сих пор нет перечня стратегически важных объектов!

Сегодня проектирование и строительство морских объектов на континентальном шельфе регулируется и частично попадает под действие следующих ФЗ:

1. №187-ФЗ от 30.11.1995г. «О континентальном шельфе Российской Федерации»;
2. №116-ФЗ от 21.06.1997г. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
3. №384-ФЗ от 30.12.2009г. «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

И ни один из этих документов не рассматривает МПТ как объекты стратегической важности с особыми требованиями к обеспечению их безопасности. Как следствие не оценивается их защищенность по критериям рисков природных и техногенных аварий, рисков умышленных террористических воздействий.

При этом, в соответствии с № 101-ФЗ от 15.07.1995г. «О международных договорах» в РФ до сих пор установлено приоритетное применение международных обязательств (договоров, соглашений, регламентов- ЕАЭС, СНГ). Таким образом сохраняется реальная угроза неконтролируемого внедрения разнородных зарубежных стандартов и технологий, не соответствующих конкретным условиям.

Из всего вышесказанного определяются критически важные направления работы по приведению законодательного обеспечения безопасности МПТ к здравому смыслу.

Необходимо провести ревизию и доработку Федеральных законов в части регламентации требований к морским нефтегазовым сооружениям (МНГС), как критически и стратегически важным объектам экономики России:

- Федерального закона от 30 ноября 1995 г. №187-ФЗ «О континентальном шельфе Российской Федерации» (ст. 4, ст. 16, ст. 22);



- Федерального закона от 21 июня 1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (классификация ОПО, табл. 2);
- Федерального закона от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (ст. 3, ст. 7, ст. 8, ст. 14);
- Федерального закона от 29 декабря 2004 г. №190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации» (ст. 1);

Давно назрел пересмотр и ревизия областей применимости Федерального закона №184-ФЗ от 27 декабря 2012 г. «О техническом регулировании», с приведением его требований в соответствие отечественной практикой и системой стандартизации.

И конечно, первоочередной задачей представляется разработка отдельного Технического регламента о безопасности МНГС, как критически и стратегически важных объектов экономики России, с использованием риск-ориентированного подхода.

В заключение необходимо обозначить ещё одну проблему - сегодня Межведомственный совет по безопасности морских подводных трубопроводов и объектов является единственным органом в стране системно занимающимся проблематикой МНГС, центром консолидации разнопрофильных специалистов, организаций, компаний и ведомств, так или иначе связанных с морской подводной инфраструктурой. Много сделано, еще больше предстоит сделать. И при этом МЭС, это общественная организация.

Возможно, настало время, поднять вопрос об учреждении государственного органа ответственного за научно-техническую политику обеспечения безопасности морской нефтегазовой инфраструктуры, как критически важной для экономики России.

# МЭС СОЗДАЕТ КЛАСТЕР В АСТРАХАНИ – ПЕРВАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РЕМОНТА ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ



ДМИТРИЙ ВИКТОРОВИЧ ВАВИЛОВ, ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР АО ЦНИИ «КУРС», ЭКСПЕРТ МЭС

По инициативе Межведомственного экспертного совета по безопасности морских подводных трубопроводов и объектов 22 сентября 2024 года в городе Астрахани на базе судоремонтного предприятия МК «КАСКАД» дан старт работе Астраханского межведомственного технологического кластера по обеспечению безопасности и ремонту морских подводных трубопроводов.

Участниками кластера стали МК «Каскад», НТЦ «Нефтегаздиагностика» и ЦНИИ «Курс».

Презентация прототипа комплекса для глубоководного ремонта МПТ «ТУЛПАР» стало первым совместным мероприятием. АО «ЦНИИ «Курс» совместно с ООО «Геолайн-Проект» и при участии сотрудников РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина разработали и изготовили опытный образец в рамках госконтракта между Министерством промышленности и торговли РФ и АО «ЦНИИ «Курс».

Разработка концепции и создание кластера проходит при непосредственном участии и под контролем специалистов Департамента судостроительной промышленности и морской техники Минпромторга России. Основным направлением деятельности кластера является разработка отечественных технологий по восстановлению рабочих параметров МПТ в случае повреждений или несанкционированных воздействий, а также технологий модернизации подводной инфраструктуры нефтегазовых объектов.

В рамках деятельности созданного кластера и в соответствии с плановой работой МЭС, прошло заседание рабочей группы безопасности морских подводных трубопроводов и

объектов, в ходе которого обсуждался широкий круг технических вопросов по обеспечению безопасности и живучести морского подводного трубопровода. Были рассмотрены предложения об участии в дальнейшей работе кластера от ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть», ПАО «ГАЗПРОМ» и Астраханского технологического университета.

В дальнейшем, в состав кластера могут быть включены другие объекты, которые были разработаны по заказу Минпромторг РФ для освоения морских нефтегазовых месторождений, например, камера приема-запуска очистных и интеллектуальных устройств морских подводных трубопроводов.

При разработке и проектировании комплекса Тулпар, были приняты следующие оригинальные технологические и технические решения:

- проводить ремонт аварийного трубопровода за один цикл путем одного спуска и подъема погружного оборудования;
- использовать модульное построение блоков;
- разместить силовой гидравлический привод непосредственно в месте проведения ремонта, под водой;
- осуществлять посадку погружного блока на аварийную трубу путем гидроразмыва донного грунта через стойки погружного блока;
- проводить операции по отмыву, зачистке трубы, установке защиты трубы и установке защитного банджа одним комбинированным устройством;

- производить закачку композитного состава с поверхности, учитывая опыт цементирования скважин;
- предусмотреть возможность оптимизации нагрузки на ремонтируемый участок трубы от веса блока погружного оборудования с помощью вспомогательных поплавков;
- предусмотреть возможность отключения тех или иных блоков или дальнейшего наращивание их функций в комбинированном устройстве.

Комплекс оперативного ремонта подводных трубопроводов «Тулпар» включает в себя:

- блок муфты;
- блок приготовления композитного состава;
- блок гидравлического оборудования;
- блок отмыва трубы;
- блок зачистки трубы;
- рукава высокого давления, шланги, кабели;
- система управления с пультом видеонаблюдения.

Силовые насосы шестеренные с приводом от погружных водозаполненных электродвигателей, регулирующая и направляющая гидроаппаратура размещены в герметичном баке, давление в котором соответствует давлению в месте размещения блока, для компенсации объема используются резиновые диафрагмы, электрический привод гидроаппаратуры напряжением 24 В. Расход и давление, развиваемые модулем, а также гидравлическая схема подсоединения гидроаппаратуры могут меняться исходя из потребности погружного блока. Применяемая гидравлическая жидкость экологически безопасна и водорастворима, что не приводит к ущербу в случае повреждения гидролиний.

Модули захвата трубы, расположенные в передней и задней частях погружного блока, с гидравлическим приводом и гидрозамками для предотвращения самопроизвольного открытия, предназначены для фиксации погружного блока на аварийном участке трубы. Модульность исполнения позволяет переходить на другой размер ремонтируемой трубы путем замены самого модуля.

После включения механизм, зачистки поступательно перемещается слева направо, постепенно удаляя фрезеруемые части старой изоляции и оставляя за собой очищенную наружную поверхность трубопровода, оголяя ремонтируемый участок трубы на требуемую длину.

В ходе выполнения технического проекта была определена возможность совмещения модуля отмыва и модуля зачистки трубы на одной каретке, что позволило повысить эффективность, а также сократить временные затраты на проведение технологических операций по подготовке дефектного участка трубы. Перемещение в осевом направлении осуществляется с помощью ходового винта с приводом от гидромотора, перемещение круговое – с помощью гидромотора. Привод фрез – от гидромоторов. Качество подготовки поверхности трубы к дальнейшим операциям контролируется видеоканерами. При необходимости обеспечивается многократная обработка дефектной поверхности. Фиксация на трубе осуществляется с помощью узла захвата с приводом от гидроцилиндров. Скорости перемещения и вращения могут меняться подбором характеристик гидромоторов. Для отмыва используется вода, отфильтрованная и поданная под давлением и со скоростью, определяемыми водяным центробежным электронасосом.

Гидравлическая станция позволяет вводить при необходимости дополнительные модули. Например, модуль поднятия трубы, модуль резки и т. д. Команды на включение



модулей подаются из блока управления. Наблюдение за процессами под водой осуществляется с помощью видеокамер.

Блок управления позволяет осуществлять следующие операции:

- управлять электродвигателями привода насосов гидравлического модуля путем изменения частоты тока;
- управлять погружным электроцентробежным водяным насосом;
- управлять технологическими операциями модулями блока погружного оборудования;
- управлять электродвигателями насосов блока композитного состава;
- контролировать систему видеонаблюдения, которая снабжена подводными видеокамерами с освещением, монитором и возможностью записывания информации с четырех видеокамер.

Блок приготовления композитного состава позволяет готовить композитную смесь, предварительно прокачав подготовительные растворы, позволяющие подать различного рода ингибиторы, обезжириватели и другие компоненты для лучшей адгезии композитного состава к металлическим частям. Для этого имеются емкости хранения, смеситель, насосы высокого давления. Показатель заполнения полости герметизатора – появление композитного состава в шланге с обратным потоком. Все отработанные жидкости хранятся в емкостях блока до передачи на утилизацию, что обеспечивает экологическую безопасность проводимых работ.

Проведенные испытания опытного образца показали работоспособность принятой концепции. Была подтверждена возможность проведения ремонта подводного трубопровода в автоматизированном дистанционном режиме без привлечения труда водолазов.

В составе кластера в дальнейшей возможно проведение испытаний в морских условиях для отработки технологии и проведения дальнейших исследований.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Материалы ОКР «Тулпар»;
2. И.И. Мерициди, К.Х. Шотиди, И.А. Мерициди, Х.А. Мерициди «Концепция разработки комплекса для ремонта подводных трубопроводов», ТЕРРИТОРИЯ НЕФТЕГАЗ, № 10 октябрь 2017.



Рисунок 1 – Общий вид погружного блока



Рисунок 2 – Механизм зачистки трубы

# БЕЗОПАСНОСТЬ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ СООРУЖЕНИЙ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ



**АНАТОЛИЙ МИХАЙЛОВИЧ ЛЕПИХИН, Д.Т.Н., НТЦ «НЕФТЕГАЗДИАГНОСТИКА», ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕКРЕТАРЬ МЭС**

Инженерной базой нефтегазодобычи на континентальном шельфе являются морские нефтегазовые сооружения (МНГС). МНГС – это сооружения, которые осуществляют процессы, связанные с добычей, транспортировкой, хранением и обработкой нефти и газа с месторождений, расположенных на акваториях морей и связанных с ними водоемов. К ним относятся: стационарные и плавучие сооружения, называемые «платформами и буровыми судами»; подводные трубопроводы, предназначенные для транспортировки нефти и газа от платформ к сооружениям, на которых осуществляется сбор и хранение или накопление перекачиваемого продукта для загрузки его в танкеры; хранилища (накопители) нефти и газа, располагаемые в акватории моря или на платформах, а также на прибрежной территории; объекты, предназначенные для швартовки нефтеналивных судов или

газоводов; подводные нефтегазовые сооружения, предназначенные для первичной обработки нефти и газа, а также сепарации составных частей добываемого продукта; причальные береговые стенки и выносные эстакады для причаливания танкеров и различных вспомогательных судов, а также ограждающие сооружения. В зависимости от конструктивных признаков МНГС классифицируются на линейные, моноопорные, многоопорные, плавучие, подводные.

МНГС подвергаются сложному комплексу нагрузок и воздействий, включающих нагрузки внешней среды (ветер, волны, течения, сейсмические воздействия), эксплуатационные нагрузки, гравитационные нагрузки, температурные воздействия, воздействия морской воды и пр. Величины и комбинации нагрузок и воздействий существенно различа-

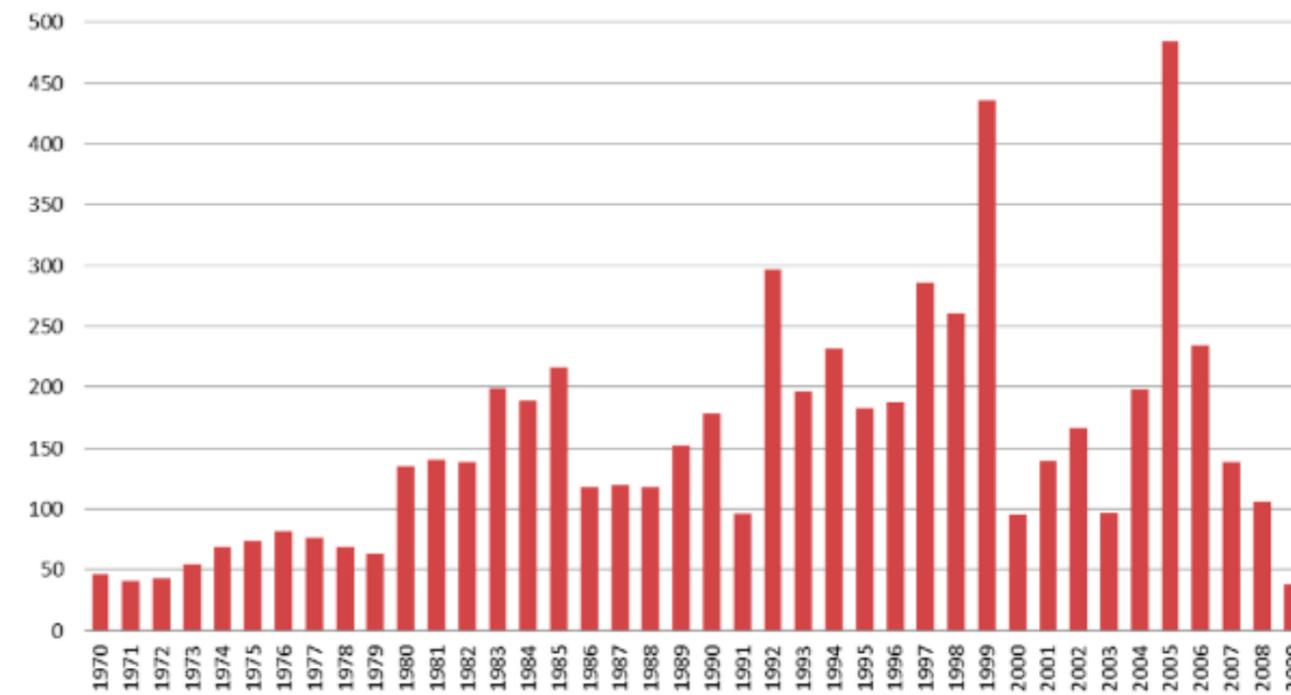


Рисунок 1 – Динамика числа аварий трубопроводов

№ п/п	Объект	Год и место аварии	Число жертв, чел.
1	Буровая баржа «CP Baker Drilling Barge»	1964, Мексиканский залив	21
2	Платформа «Bochai 2»	1079, Китай	72
3	Платформа «Alexander Kielland»	1980, Норвежское море	123
4	Платформа «Ocean Ranger»	1982, Канада	84
5	Буровое судно «Glomar Java Sea»	1983, Южно-Китайское море	81
6	Платформа «Enchova»	1984, Бразилия	42
7	Платформа Piper Alpha	1988, Северное море	167
8	Буровое судно «Seacrest»	1989, Южно-Китайское море	91
9	Платформа P-56 Petrobras	2001, Бразилия	10
10	Платформа «Mumbai High North»	2005, Аравийское море	22
11	Платформа «Deerwater Horizon»	2010, Мексиканский залив	11
12	Платформа «Кольская»	2011, Охотское море	53
13	Платформа Black Elk Energy	2012, Мексиканский залив	4
14	Платформа «Гюнешли»	2015, Каспийское море	30
15	Платформа Petrobras	2015, Бразилия	5

Таблица 1 – Крупнейшие аварии морских буровых платформ и буровых судов

ются для конкретных местоположений МНГС, сезона и условий эксплуатации. Под действием нагрузок в элементах конструкций МНГС возникают сложные поля напряжений и деформаций, формируются и развиваются дефекты и повреждения металла и элементов. Для установления безопасных пределов нагрузок, воздействий и допустимых уровней дефектов и повреждений проводятся проектные расчеты прочности и ресурса МНГС. В нормах проектирования закладываются статистически обоснованные уровни и комбинации нагрузок, которые охватывают наиболее критические ситуации в процессе эксплуатации. При этом учитываются комбинации и взаимодействия осевых, изгибающих, сдвиговых сил; постоянных и временных статических и циклических нагрузок. Расчеты прочности проводятся по методам допускаемых напряжений, заложенных в нормах НД №2-020201-026, НД №2-020201-027, НД №2-020301-007, API RP 2A-LFRD и предельных нагрузок, представленных в нормах API RP 2A-LRFD, DNV OS-F101, ГОСТ Р 54382-2011. Указанные расчеты в целом обеспечивают высокий уровень надежности и безопасности МНГС [1, 2]. Тем не менее, аварии МНГС являются нередкими событиями, порождающими тяжелые последствия для экономики предприятий, экологии, отрасли нефтегазодобычи и отдельных стран.

С начала 60-х годов XX века, когда началось бурное строительство МНГС и по настоящее время произошло более 15 тяжелых аварий морских буровых платформ и буровых судов (таблица 1).

Экономические ущербы от аварий платформ измеряются сотнями миллионов и многими миллиардами долларов. Анализ аварийности по опыту эксплуатации 640 платформ в Мексиканском заливе показал следующие средние суммы ущербов от аварий:

- Стоимость проекта – 28-53 млн. \$;
- Стоимость строительства – 1.0-2.0 млрд. \$;
- Стоимость ремонта конструкций – 34.6 млн. \$;

- Замена поврежденного оборудования – 157 млн. \$;
- Ущерб жизни и здоровью – 1.17 млн. \$;
- Экологические потери – 1.5 млн. \$;
- Стоимость недополученной продукции – 9948 млн. \$;
- Время простоя – 27 месяцев;
- Общий средний ущерб – 10142.27 млн. \$.

При этом общий ущерб аварии платформы «Piper Alpha» составил 3.4 млрд. \$. Общий ущерб аварии платформы «Deerwater Horizon» достиг 110 млрд. \$ (потери от загрязнений – 23 млрд. \$; штрафы – 7.8 млрд. \$; иски частных лиц – 56 млрд. \$; компенсации 5 штатам – 20.8 млрд. \$).

Статистические оценки интенсивностей аварий морских буровых платформ измеряются следующими величинами:

- Высокая неопределенность исходных данных:  $2 \times 10^{-5}$  –  $5.2 \times 10^{-5}$  1/год;
- Низкая неопределенность исходных данных:  $1.7 \times 10^{-5}$  –  $2.5 \times 10^{-5}$  1/год.

Оценки рисков аварий, как произведения вероятностей событий и ущербов составляют:

- Высокая неопределенность: 0.20 – 5.27 млрд. \$/год;
- Низкая неопределенность: 0.14 – 2.5 млрд. \$/год.

Не менее впечатляющая картина наблюдается и с аварийностью морских подводных трубопроводов. Ежегодно в мире происходит от нескольких десятков до нескольких сотен аварий трубопроводов (рис. 1). Ущерб измеряется десятками и сотнями миллионов долларов.

Статистические оценки вероятностей аварий морских подводных трубопроводов по данным баз PARLOC, DOT, CONCAWE находятся в широких пределах:  $10^{-5}$  –  $10^{-3}$  1/км\*год (таблица 1). Средние ущербы от аварий на подводных газопроводах составляют  $10^5$  –  $10^6$  долл., при максимальных ущербах  $10^9$  долл. На подводных нефтепроводах

средние ущербы составляют  $10^4 - 10^5$  долл., при максимальных ущербах до  $10^8$  долл. При этом потери газа при авариях достигают  $10^6$  MCF (Milia Cubic Feet), а потери нефти до  $10^5$  BBL (barrel). На основании этих данных средние расчетные значения риска аварий составляют  $(0.16 - 4.38) \times 10^2$  долл./км×год, при максимальных величинах до  $1.89 \times 10^4$  долл./км×год (таблица 2).

Если принять эту статистику за основу для оценки рисков транспортировки углеводородов на Российском шельфе, то величина риска в рублевом эквиваленте может достигать  $2 \times 10^6$  руб./км×год. Для примера, на Каспийском шельфе протяженность подводных трубопроводов составляет почти 600 км. С учетом этого, годовой риск здесь может достигать величины  $1.2 \times 10^9$  руб. [3].

Помимо аварий в последнее время возник новый источник опасности для МНГС – целенаправленные несанкционированные действия как отдельных групп людей и организаций, так и государств. Такие действия могут проводиться: в территориальных водах, в эксклюзивной экономической зоне, на континентальном шельфе. Объектами действий являются: танкерный флот, морские платформы, трубопроводы. Формы воздействий на объекты достаточно многообразны: диверсии, пиратство, мятеж, гражданский протест, военные действия, вандализм, внутренний саботаж, хакерские атаки. В настоящее время известен ряд целенаправленных атак на МНГС, в частности: МБУ «Brent Spar» (1981), «Bulford Dolphin», «Trident III», «Aban VII» (2007), «Bonga FPSO» (2008), «Stena Don» (2010), буровое судно «Ocean Rig Poseidon» (2011), «Приразломная» (2012), нефтегазодочное судно компании Shell (2012), буровые платформы месторождения «Одесское» (2022, 2024), «Северные потоки» (2022). Особо следует выделить предотвращенный теракт на супертанкере-накопителе «Трейдер» (2006 г) в России. Ущерб от указанных целенаправленных действий оценивается суммами от сотен млн. долларов до десятков миллиардов долларов. Статистические оценки рисков от несанкционированных действий крайне затруднительны в силу уникальности событий по формам, проявлениям и последствиям.

Указанные выше угрозы аварий и несанкционированных действий приводят к многоаспектной проблеме безопасности жизненного цикла МНГС. Эта проблема решается на законодательно-нормативном, технологическом и организационно-техническом уровнях. В России вопросам промышленной и экологической безопасности МНГС неизменно уделяется большое внимание, как при их проектировании, так и при вводе в эксплуатацию, который осуществляется только с разрешения государственных надзорных органов. Весь технологический цикл нефтегазодобычи и его отдельные звенья, от скважины до потребителя, постоянно находятся под непрерывным контролем надзорных организаций и соответствующих служб промышленной и экологической безопасности. Тем не менее, остаются законодательные и нормативные пробелы решения проблемы безопасности МНГС.

Основополагающими для решения указанной проблемы являются нормативные барьеры безопасности в виде стандартов и норм проектирования, строительства, эксплуатации, контроля качества, менеджмента и т.п. Зарубежные системы стандартов (API, BS, DNV, ASME) насчитывают многие десятки и сотни взаимосвязанных и взаимосогласованных нормативных документов, комплексно решающих проблему надежности и безопасности МНГС. Отечественная нормативная база представлена небольшим объемом нормативных документов государственного уровня. Основными документами являются:

- НД №2-020201-026 Правила классификации и постройки плавучих буровых установок;
- НД №2-020201-027 Правила классификации и постройки морских стационарных платформ;
- НД №2-020301-007 Правила классификации и постройки морских подводных трубопроводов;
- НД №2-090601-003 Правила классификации и постройки подводных добычных комплексов;
- ГОСТ Р 54382-2011 Нефтяная и газовая промышленность. Подводные трубопроводные системы. Общие технические требования (перевод DNV-OS-F101);
- СП 369.1325800.2017 Платформы морские стационарные. Правила проектирования;
- СП 378.1325800.2017 Морские трубопроводы. Правила проектирования и строительства.

Недостаточность регламентаций государственных норм восполняется сотнями внутренних нормативных документов ПАО «Газпром», ПАО «ЛУКОЙЛ», НК «Роснефть» и других компаний, решающих частные задачи обеспечения прочности и ресурса МНГС. Однако указанные документы не рассматривают задачи обоснования безопасности по критериям рисков в соответствии с современными требованиями [4, 5].

По нашему мнению, решению этих задач и проблемы безопасности в целом существенно мешает отсутствие единого взгляда на МНГС, как важнейшие объекты нефтегазодобычи. По действующему законодательству МНГС рассматриваются одновременно как строительные сооружения и как опасные производственные объекты. Однако для них устанавливаются разные требования безопасности. Проектные декларации безопасности МНГС не содержат достаточно полных обоснований безопасности. Учитывая масштабы ущербов и значимость МНГС для нефтегазодобывающей отрасли России их следует законодательно отнести к классам критически и стратегически важных объектов. Согласно 68-ФЗ от 21.12.1994 с дополнениями 38-ФЗ от 08.03.2015 критически важный объект (КВО) – это объект, нарушение или прекращение функционирования которого приведет к потере управления экономикой РФ или административно-территориальной единицы субъекта РФ, ее негативному изменению или снижению безопасности жизнедеятельности. Определение

Риск долл./км×год	Наземные трубопроводы		Морские трубопроводы	
	Нефтепроводы	Газопроводы	Нефтепроводы	Газопроводы
Средний	$(0.12-1.30) \times 10^2$	$(0.19-2.15) \times 10^2$	$(0.23-4.38) \times 10^2$	$(0.16-2.14) \times 10^2$
Максимальный	$1.26 \times 10^5$	$2.05 \times 10^5$	$3.30 \times 10^5$	$1.89 \times 10^4$

Таблица 2 – Расчетные оценки риска аварий трубопроводов [3]

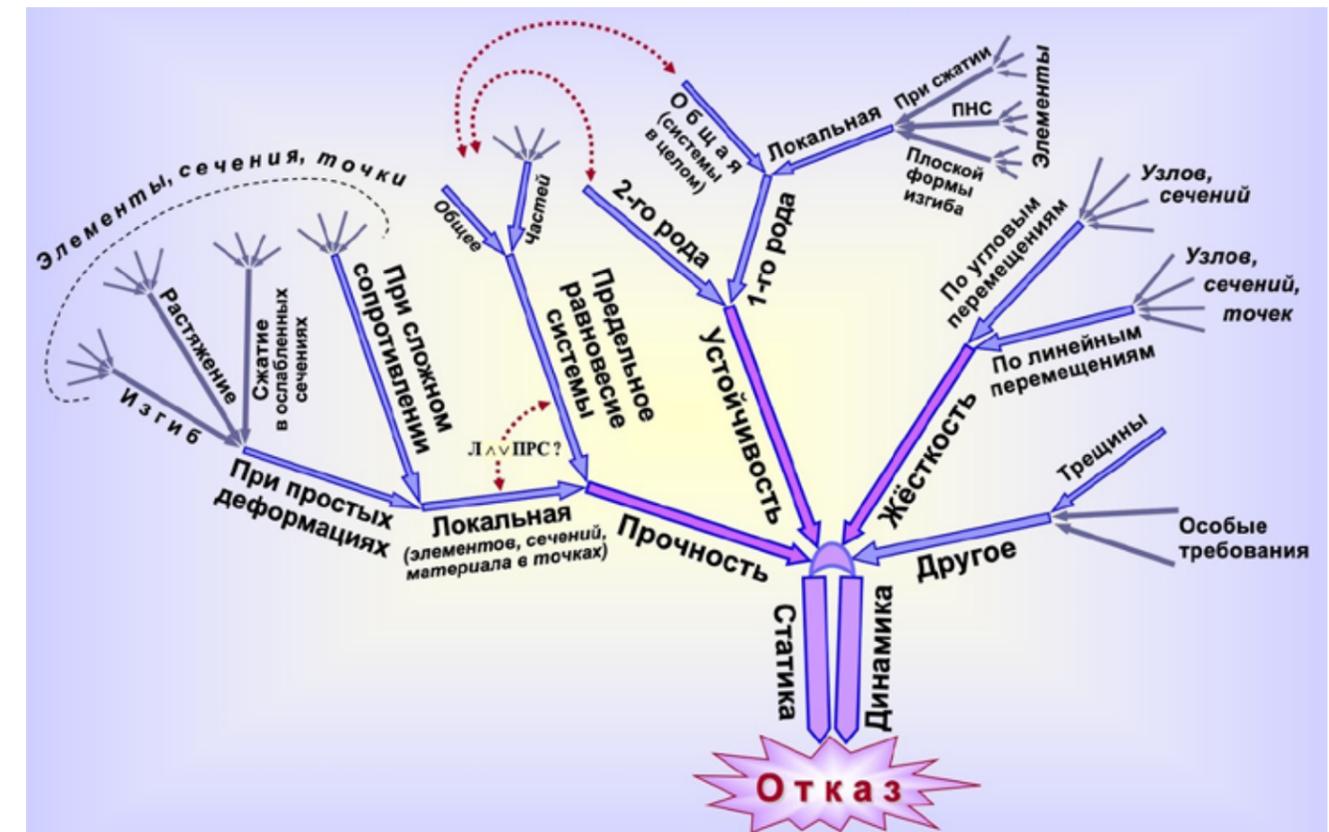


Рисунок 2 – Схема дерева событий для анализа риска аварий МНГС

для стратегически важных объектов (СВО) законодательно не закреплено. В рамках данного обсуждения стратегически важными объектами можно считать объекты, используемые для достижения стратегических экономических, социальных или военно-политических целей страны. Отнесение МНГС к классам КВО и СВО позволит использовать для обоснования их безопасности риск-ориентированный подход, заложенный в Стратегии развития Российской Федерации, как основы устойчивого развития. Некоторые методические вопросы этого подхода представлены в работах [5, 6].

Выделение МНГС как КВО и СВО потребует масштабной и глубокой доработки существующей нормативной базы. Необходимо разработать серию стандартов по обоснованию безопасности МНГС, охватывающих все аспекты проблемы:

- Термины и определения;
- Характеристики механических свойств;
- Методы определения характеристик механических свойств;
- Методы определения характеристик трещиностойкости металла;
- Проектный расчет по выбору основных размеров;
- Поверочные расчеты прочности и ресурса;
- Порядок обоснования объемов и периодичности неразрушающего контроля;
- Порядок обоснования безопасности по критериям риска.

По ряду указанных аспектов имеются ряд соответствующих стандартов. По некоторым работы только начинаются или не ведутся вовсе.

Рассмотрим некоторые аспекты обоснования безопасности по критериям риска. Классические оценки безопасности по уровню риска учитывают потери от аварий в виде произведения вероятностей аварии  $P_F$  на величину ущерба  $C_F$ :

$$R = P_F \times C_F < [R] \quad (1)$$

В соответствии с (1) возникают три задачи: определение вероятностей аварий  $P_F$ ; определение ущербов от аварий  $C_F$ ; обоснование допустимых уровней риска  $[R]$ . Решение первой задачи требует глубокого анализа возможных механизмов аварий, с построением дерева событий, приводящих к отказам конструкций МНГС (рис. 2). Здесь следует заметить, что независимо от природы угроз (техногенные, антропогенные, природные) авария МНГС происходит вследствие достижения предельных состояний элементов с последующим разрушением всей конструкции. Поэтому построение дерева событий позволяет охватить все возможные сценарии аварий.

Следующая часть задачи заключается в получении и обработке статистической информации о параметрах и характеристиках событий и процессов, включенных в дерево событий. Это нетривиальная задача, требующая использования методов математической статистики и теории вероятностей. Ее решением является получение плотностей распределения вероятностей всех рассматриваемых переменных (рис. 3).

Далее по полученным вероятностным функциям необходимо вычислить риск аварий:

$$R = \sum_{i=1}^n q_i \sum_{j=1}^m (p_{ij} \times C_{ij}) \quad (2)$$

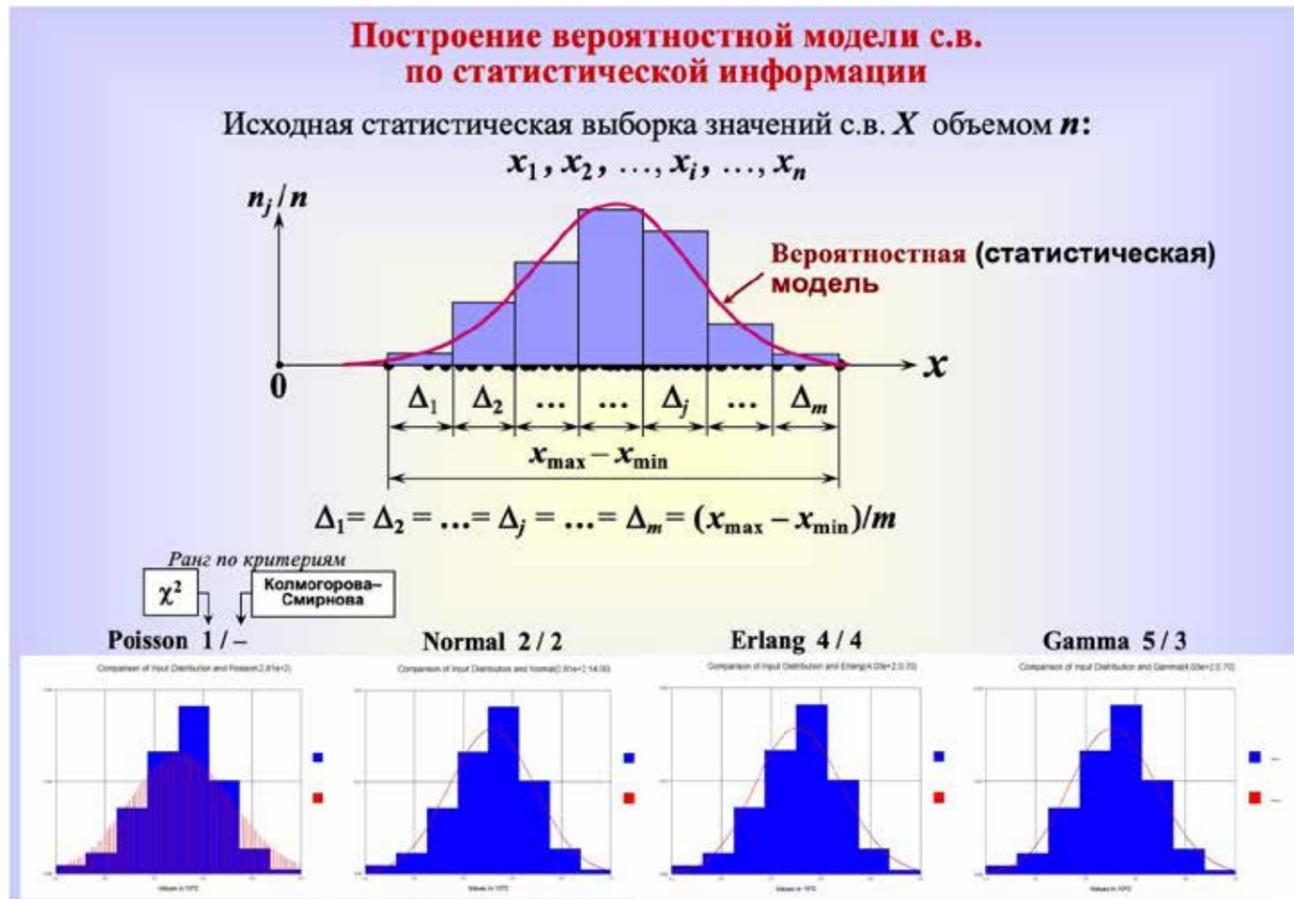


Рисунок 3 – Схема построения вероятностных моделей случайных величин

где  $q_i$  – вероятность воздействия  $i$ -той угрозы;  $p_{ij}$  – вероятность нахождения элемента МНГС в состоянии  $j$  при  $i$ -той угрозе;  $C_{ij}$  – негативные последствия состояния  $j$  при  $i$ -той угрозе.

Вероятности  $q_i$  и  $p_{ij}$  можно определить по заданным плотностям распределений вероятностей значений рискообразующих факторов угроз  $f(r)$  и поврежденных элементов МНГС при воздействии этих факторов  $f(D|r)$ :

$$q_i = \int_r f(r) dr, \quad p_{ij} = \iint_{D,r} f(D|r) f(r) dr dD \quad (3)$$

В настоящее время, в связи с большой вариативностью условий эксплуатации МНГС в разных морях и регионах, нет возможностей получения однозначных оценок вероятностей  $q_i$ ,  $p_{ij}$  и последствий  $C_{ij}$  для решения задачи (2). В этих условиях одним из возможных решений является интервальная оценка указанных переменных в виде [7]:

$$q_i = [q_i^-, q_i^+], p_{ij} = [p_{ij}^-, p_{ij}^+], C_{ij} = [C_{ij}^-, C_{ij}^+] \quad (4)$$

где  $q_i^-, p_{ij}^-, C_{ij}^-$  – нижние (минимальные) значения;  $q_i^+, p_{ij}^+, C_{ij}^+$  – верхние (максимальные) значения.

С учетом (4) можно получить интервальные оценки риска (2):

$$R = [R^-, R^+]$$

$$R^- = \sum_{i=1}^n q_i^- \sum_{j=1}^m (p_{ij}^- \times C_{ij}^-), \quad R^+ = \sum_{i=1}^n q_i^+ \sum_{j=1}^m (p_{ij}^+ \times C_{ij}^+) \quad (5)$$

Оценка ущербов от аварий МНГС обычно проводится методами экономического и экологического анализа. Данная задача находится за рамками этой статьи. Величина допустимого риска  $[R]$  в настоящее время нормируется регулирующими органами с учетом уровня научных обоснований, отечественного и мирового опыта. Научное обоснование величин приемлемых рисков для процедуры их нормирования состоит в разработке методологии определения критических рисков и определении запасов по этим рискам [4].

Современный подход к решению проблемы безопасности МНГС рассматривает безопасность с учетом стоимости жизненного цикла ( $C_\Sigma$ ), включающего начальные затраты на проектирование ( $C_0$ ) и затраты на всех других стадиях ( $C_i$ ), включая потери от аварий [6]:

$$C_\Sigma = \min_t \min_\beta \{C_0(\beta)\} + \sum_{i=1}^n C_i(\beta, t) \quad (6)$$

где  $\beta$  – индекс риска, величина определяющая вероятность аварии в заданных условиях.

Цель управления жизненным циклом заключается в минимизация его стоимости, с учетом вероятностей повреждений и аварий. На рис. 4 представлена оценка стоимости жизненного цикла буровой платформы, в зависимости от индекса риска. Как видно из рисунка, на первом этапе при снижении вероятности аварий происходит снижение стоимости жизненного цикла. Однако, после некоторого оптимального значения величины  $\beta$  начинается увеличение стоимости жизненного цикла из-за роста затрат на повышение безопасности при проектировании и эксплуатации. Анало-

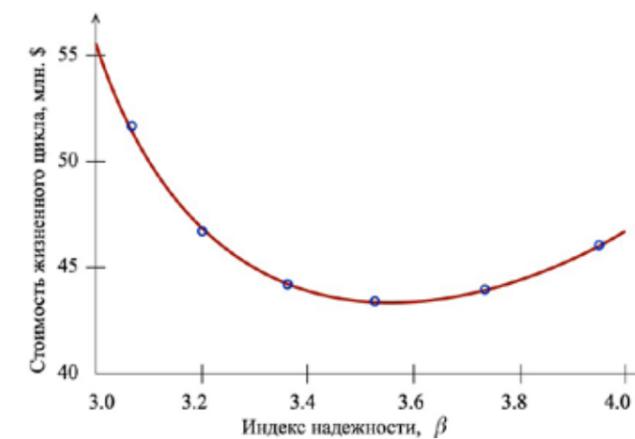


Рисунок 4 – Изменение стоимости жизненного цикла морской буровой платформы

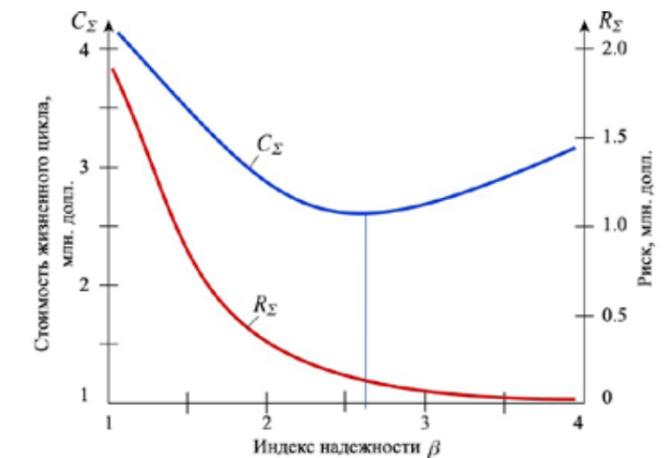


Рисунок 5 – Изменение стоимости жизненного цикла и риска морского подводного трубопровода

гичное можно наблюдать и для морских подводных трубопроводов (рис. 5). Следует отметить, что после оптимального значения индекса риска  $\beta$  начинается расхождение тенденций изменений риска и стоимости жизненного цикла. Поэтому оптимальное решение должно сочетать и уровень риска, и стоимость жизненного цикла трубопроводов.

Одним из действенных механизмов повышения безопасности является применение методов технического диагностирования МНГС, с выявлением дефектов и повреждений, влияющих на уровень безопасности. Устранение указанных дефектов позволяет продлить ресурс и повысить уровень безопасности МНГС. В части противодействия повреждениям от целенаправленных несанкционированных действия в последнее время активно развиваются технологии мониторинга с использованием необитаемых автономных подводных аппаратов, оснащенных целым рядом устройств и систем для контроля окружающего пространства. При этом следует учитывать следующие обстоятельства:

- Программы технического диагностирования и мониторинга технического состояния МНГС должны быть риск-ориентированными и риск-основанными;
- Разработка систем технического диагностирования, мониторинга безопасности и ограничения доступа должна проводиться с учетом критериев риска;
- В технических заданиях на разработку систем должны указываться требования по риску – как и в какой форме эти системы будут контролировать, локализовывать или снижать факторы риска;
- Должна проводиться оценка эффективности систем диагностирования и мониторинга по критерию стоимости жизненного цикла МНГС.

В заключении следует отметить следующее. Проблема обоснования безопасности МНГС, как критически и стратегически важных объектов, с учетом природных, техногенных и антропогенных угроз, имеет первостепенное значение для развития нефтегазодобычи на континентальном шельфе России. Для решения данной проблемы необходимо:

- Законодательно отнести МНГС к классам критически и стратегически важных объектов экономики России;

- Создать современную суверенную отечественную нормативную базу обоснования безопасности МНГС. В основе создаваемых норм и стандартов должен лежать риск-ориентированный подход и обоснование безопасности по критериям риска;
- Разработать технологическую базу обеспечения безопасности при эксплуатации МНГС, включая контроль и мониторинг рисков.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Comparative Risk Analysis for Deepwater Production Systems. Final Project Report / Robert B. Gilbert Texas A&M University. January 2001. 368 p.
2. Шмаль Г.И., Тимашев С.А. Первоочередные безотлагательные задачи создания норм проектирования и эксплуатации безопасных морских трубопроводов // Морская наука и техника. 2024, №12, с. 14-18.
3. Лепихин А.М., Махутов Н.А., Лещенко В.В., Шмаль Г.И. Проблемы безопасности морских подводных трубопроводов // Морская наука и техника. 2022, №5, с. 30-35.
4. Махутов Н.А., Гаденин М.М., Юдина О.Н. Научный анализ рисков в жизнеобеспечении человека, общества, государства // Проблемы анализа риска, 2016, Т.16, №2, с. 70-86.
5. Махутов Н.А. Научные основы и прикладные разработки проблем безопасности и защищенности морских трубопроводов и сооружений // Морская наука и техника. 2023, №7, с. 18-27.
6. Махутов Н.А., Лепихин А.М. Обоснование безопасности морских подводных трубопроводов на основе риск-ориентированного подхода // Морская наука и техника. 2024, №12, с. 36-39.
7. Шокин Ю.И., Лепихин А.М. Математическое моделирование в задачах риск-анализа технических систем // Вычислительные технологии. 2003. Т. 8. Спец. выпуск, с. 14-21.

# МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ СЦЕНАРИЕВ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ РОССИИ



Святослав Анатольевич Тимашев – научный руководитель, г.н.с. НИЦ «Надежность и ресурс больших систем и машин» УРО РАН, доктор технических наук, профессор.  
 Анна Викторовна Бушинская – и.о. директора НИЦ «Надежность и ресурс больших систем и машин» УРО РАН, кандидат технических наук.

### Аннотация.

Статья является логическим продолжением и развитием статьи [1]. В ней рассматривается ключевой вопрос риск-ориентированного проектирования и эксплуатации морских подводных трубопроводов (МПТ) на основе применения суверенных Российских норм обеспечения их безопасности. Инструментом оценки риска является отечественная методика компьютерного моделирования полного стохастического жизненного цикла Российского морского трубопровода как стратегической инфраструктуры, базирующаяся на отечественной технологии диагностики, мониторинга и мейнтенанса МПТ, которая включает в себя полную группу метрик точности используемых диагностических инструментов, позволяющих получать: 1) состоятельные оценки вероятности наступления нежелательного события на каждой фазе их жизненного цикла; 2) остаточный риск после каждого вмешательства в функционирование объекта; и 3) величину риска принятия каждого управленческого решения, связанного с проектированием и эксплуатацией МПТ.

**Ключевые слова:** морские подводные трубопроводы, жизненный цикл, риск, безопасность, суверенные нормы проектирования и эксплуатации.

Состоятельная оценка риска эксплуатации МПТ невозможна без рассмотрения всего комплекса параметров, описывающих их состояние и поведение в течение всего срока их существования, «от колыбели до могилы». Для целей нормирования и управления риском эксплуатации уникальных МПТ необходимо решить задачу построения полной группы сценариев их жизненных циклов (ЖЦ) [2]. Фактически необходимо многократно прогнозировать поведение конкретного МПТ под действием природных, технологических, а также управляющих воздействий в течение всего ЖЦ. Основным инструментом для решения данной задачи является цифровая модель- (квази) двойник рассматриваемого МПТ.

Базой для построения такого двойника является проект МПТ, выполненный по всем современным канонам проектирования таких объектов. Для действующих МПТ к этому документу добавляются оцифрованные данные о результатах всех манипуляций, проведенных над МПТ (пуско-наладочные работы, проверка несущей способности, стартовая и плановая диагностика, ремонт, восстановление и др.) с момента его пуска в эксплуатацию. Если рассматрива-

емый трубопровод находится на стадии проектирования или запуска в эксплуатацию, то следует иметь необходимый и достаточный набор данных о дефектах и особенностях аналогичных существующих трубопроводах.

В самом общем случае задача определения риска, трактуемого как произведение вероятности отказа на его последствия, выраженное в монетарной форме, решается как задача оптимизации целевой функции управления рисками эксплуатации МПТ, которая здесь сводится к общей стоимости владения МПТ на его полном ЖЦ [1].

Для количественной оценки риска эксплуатации МПТ как функции времени, необходимо:

1. Запроектировать продолжительность его жизненного цикла (ЖЦ);
2. Определить его исходную (нормативную) надежность;
3. Иметь робастные количественные модели его деградации;
4. Выбрать формализованные стратегии, технологии и методы;

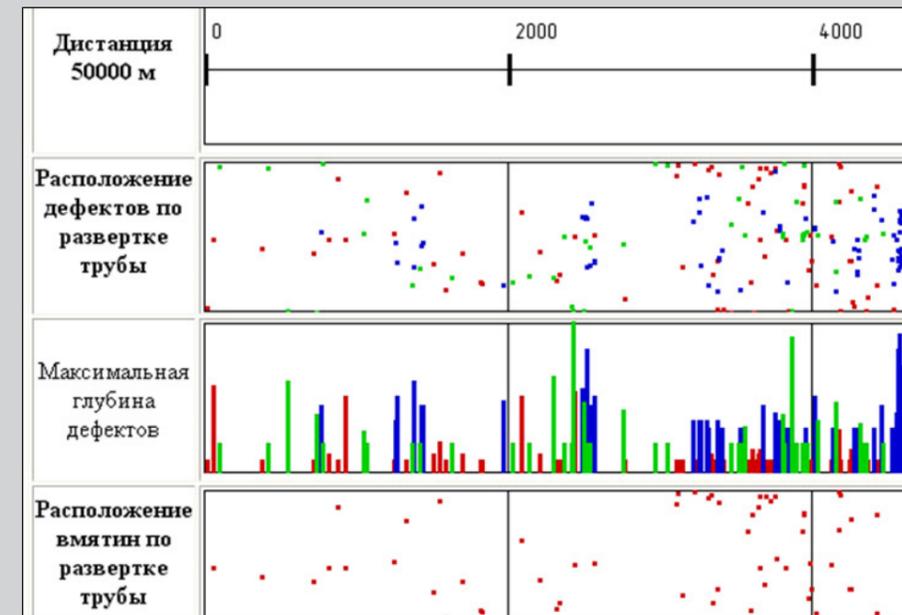


Рис. 1. Реализация поля фактических дефектов трубопровода при его инспекции с помощью прибора-дефектоскопа

- инструментальной диагностики [3], [4];
- мониторинга;
- мейнтенанса (технического обслуживания, ремонта и восстановления МПТ);

5. Определиться со способом оценки и дисконтирования всех затрат и ущербов, распределенных случайным образом на интервале ЖЦ объекта.

Наличие этих стратегий позволяет построить методом Монте-Карло квазиполную группу сценариев эксплуатации МПТ, имитирующих реальные условия его нагружения, деградации и поддержания в работоспособном состоянии, и, как следствие, получить состоятельные оценки вероятности отказа (по каждому виду воздействия на трубопровод) до и после каждого вмешательства. Из сказанного вытекает, что результаты моделирования будут непосредственно зависеть от точности используемых моделей деградации материала и конструкции МПТ, нагрузок на них, а также, что императивно важно, характеристик точности применяемых диагностических технологий.

Для нового, запускаемого в эксплуатацию МПТ 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. Создание такого множества дефектов

на цифровом двойнике МПТ возможно только методом Монте-Карло с марковскими цепями при использовании случайных процессов. При этом надо учесть те нагрузки и воздействия, которые фактически испытывает реальный трубопровод на рассматриваемом участке океанического или морского шельфа России.

При наличии описанных выше данных, общий алгоритм построения функции риска, проектируемого или запускаемого в эксплуатацию МПТ на отрезке времени, равном длине его ЖЦ, вербально выглядит следующим образом.

**Этап 1.** Производится моделирование эксплуатации нового МПТ с момента его пуска до момента первой диагностики. Для этого 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 МПТ на участки производится по критерию однородности основания, нагрузок/воздействий, и материала трубы, для практических целей необходимо моделировать деградацию каждого участка трубопровода отдельно. Необходимо моделировать все типы дефектов, которые наблюдаются на других действующих МПТ, аналогичных рассматриваемому. Количество смоделированных дефектов на каждом участке должно быть сопоставимо с фактически наблюдаемым числом дефектов на аналогичных участках МПТ,

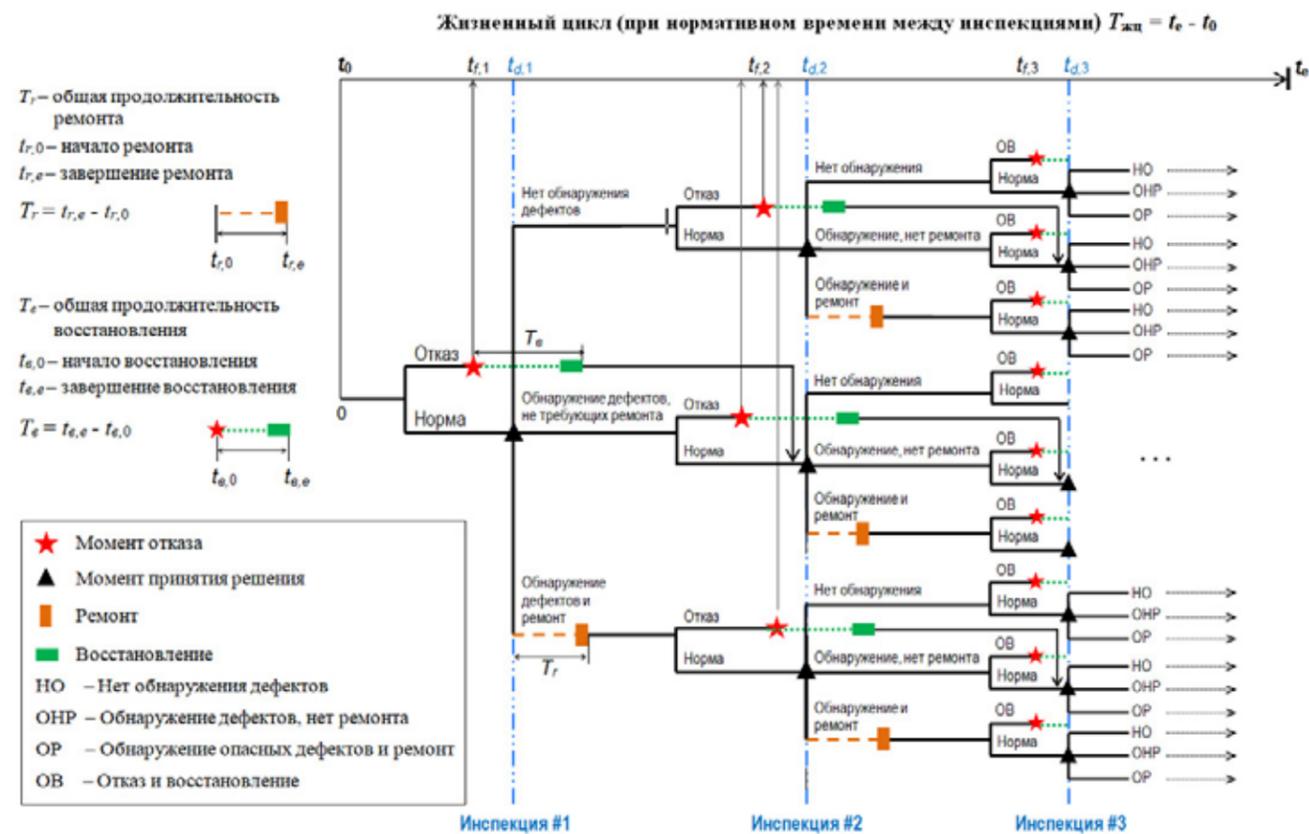


Рис.2. Стохастическое дерево событий и решений «событие–решение–событие–решение–...» построенное на жизненном цикле МПТ

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 (Рис. 1).

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). Для определения расчетного местонахождения пропущенного при дефектоскопии опасного дефекта рекомендуется применение подхода, впервые предложенного в [5].

Неразрушающие методы, используемые для диагностики МПТ 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 [3,4]:

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

б) Ошибки определения размера: инструмент диагно-

стики неправильно определяет размеры дефектов.

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

д) 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 не обнаруженных. На определение точности контроля, как правило, влияют два фактора: вероятность обнаружения/ложного необнаружения дефектов и ошибки (погрешности) их измерений.

**Этап 2.** После получения представительного ансамбля всех типов дефектов к моменту первой диагностики, его надо проинспектировать с помощью виртуальных внутритрубных инструментов (ВТИ) с метриками их качества (точности), которыми обладают реальные снаряды, применяемые той или иной отечественной трубопроводной организацией. При этом оценивается стоимость данной диагностики на момент ее проведения.

Результатом данной инспекции может быть: 1) отсутствие дефектов равных или больших разрешающей способности ВТИ; 2) наличие группы из некоторого числа дефектов и аномалий. Эта группа анализируется на предмет содержит ли она критичные и/или опасные дефекты,

и надо ли проводить ремонт или восстановление трубы, сразу или по истечении некоторого времени.

**Этап 3.** После этой инспекции оценивается вероятность пропуска опасного дефекта, могущего привести к аварии (течь, разрыв) и стоимость восстановления целостности участка МПТ при реализации такого отказа, то есть, остаточный риск проведенной диагностики. Для этого необходимо знание вероятности ложного необнаружения опасного дефекта, характерной для использованного ВТИ. Для определения расчетного местонахождения пропущенного при дефектоскопии опасного дефекта рекомендуется применение подхода, предложенного в [5].

**Этап 4.** Результатом этого шага станет одно из двух решений: ждать, когда наступит время второй инспекции (с риском, вычисленным на этапе 3), или провести ремонт трубы с целью удаления недопустимых дефектов, немедленно [если дефект(ы) критичен(ны)], или через некоторый промежуток времени, необходимый для выполнения подготовительных работ, в течение которого риск по п.3 будет продолжать расти.

**Этап 5.** Если анализ результатов первой диагностики не привёл к решению провести какие-либо ремонтные работы, моделируется развитие всех начальных дефектов за время между первой и второй инспекцией, а также появление группы новых дефектов за этот же промежуток времени.

**Этап 6.** Этот новый, увеличенный массив дефектов, снова подвергается виртуальной диагностике, согласно алгоритмам этапа 2.

**Этап 7.** Результаты второй диагностики подвергаются анализу на предмет какое решение по эксплуатации МПТ следует предпринять, с учетом государственных нормативов и правил, действующих внутри трубопроводной компании.

**Этап 8.** После этого возможно, используя метрики качества отечественных ВТИ, опять оценить остаточный риск, учитывая тот факт, что существует вероятность пропуска опасного дефекта при диагностике МПТ. Этот риск вычисляется опять с помощью алгоритмов этапа 3.

**Этап 9.** Если принимается решение о проведении ремонта по факту установления наличия опасных дефектов, то оценивается объемы спрогнозированного ремонта, а также его продолжительность и стоимость. Для этой цели используются нормативы и правила, действующие в организациях-операторах рассматриваемого МПТ.

**Этап 10.** На следующем шаге оценивается наиболее вероятное состояние отремонтированного МПТ на момент завершения ремонта.

**Этап 11.** При моделировании реализации ЖЦ возможен случай, когда при росте дефектов на одной из фаз эксплуатации МПТ один или несколько дефектов достигнут предельных размеров, при которых неизбежно происходит либо течь, либо разрыв трубы. Время достижения предельного размера первым дефектом (инициирующий отказ) суть начало аварии на трубопроводе. Материальный ущерб от этой аварии вычисляется на основе прошлого отечественного опыта, с учетом дисконтирования. Время и стоимость восстановления целостности трубопровода оценивается при этом с учетом финансовых и технологических возможностей владельца/оператора рассматриваемого МПТ.

Дерево событий и управляющих решений жизненного цикла МПТ описанных выше состоит из случайных отрезков времени, в течение которых происходит соответствен-

*Для нового, запускаемого в эксплуатацию МПТ 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.*

но: эксплуатация → диагностика → ремонт → эксплуатация → авария → восстановление → эксплуатация → ... (где фазы диагностика, ремонт и авария включают в себя элемент принятия решения). Дерево строится до тех пор, пока не будет выбран по времени весь ЖЦ МПТ и представлено на Рис.2.

Для учета влияния нагрузки типа «Король-дракон» (КД), момент(ы) её воздействия на систему разыгрываются методом Монте Карло. При таком моделировании возможен также учет нагрузки/воздействия типа «Чёрный лебедь» (ЧЛ). Несмотря на то, что событие типа ЧЛ принципиально непредсказуемо, в контексте данной задачи (используя только сам фактор знания того, что ЧЛ может проявиться) его можно смоделировать также, как и воздействие КД. При этом параметры гипотетического ЧЛ оцениваются одним из методов мозгового штурма группой лиц, обладающих определёнными специфическими когнитивными способностями, а время его реализации разыгрывается как СВ равномерно распределенная на длине ЖЦ.

Авария трубопровода вблизи морских обитаемых платформ со смертельным(и) исходом(ами) и травмами (время наступления события, его вероятность и неэкономический масштаб ущерба) на его ЖЦ также моделируется методом МК. При этом, в целевую функцию управления рисками эксплуатации МПТ включается стоимость восстановления здоровья и компенсации за возможные увечья и потерю лет человеческих жизней, определяемая по методике, описанной в [12].

В результате моделирования реализации ЖЦ МПТ в общем случае возникают случайные число и времена проведения диагностических работ, возникновения аварийных ситуаций и принятия управленческих решений по восстановлению целостности и работоспособности МПТ. В эти моменты времени скачком меняются риски эксплуатации МПТ, которые можно оценить количественно.

Построенный полный жизненный цикл целесообразно использовать как платформу для оценки чувствительности искомых параметров (риск, врожденная надежность,

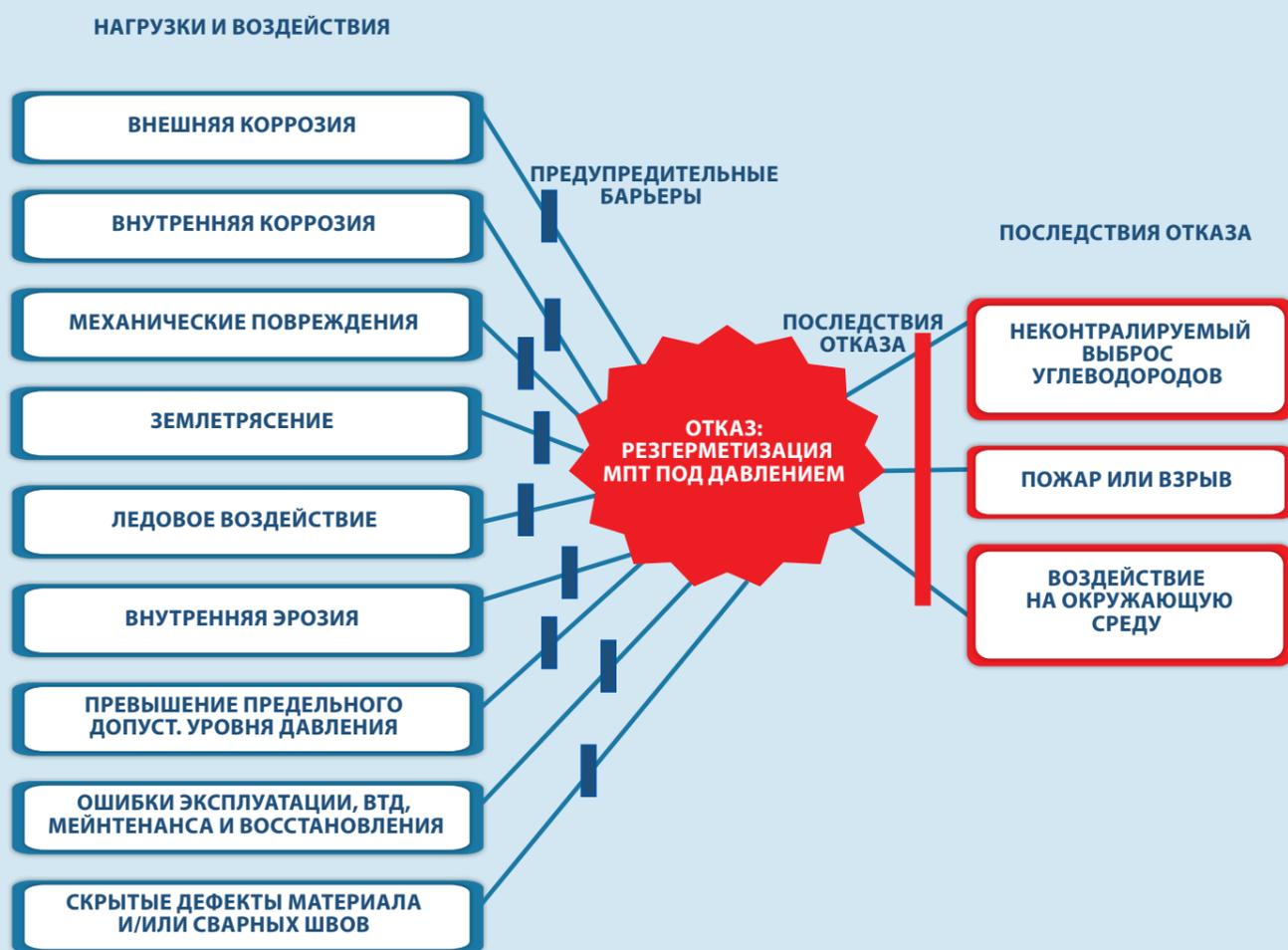


Рис.3. Обобщенная динамическая диаграмма «галстук-бабочка» для морских подводных трубопроводов.

живучесть, частота и качество инспекций, время, объем и стоимость ремонтов и др.) к любому параметру входа или их комбинаций.

Знание моментов времени плановых вмешательств в нормальное функционирование МПТ, а также моментов возникновения внештатных ситуаций и аварий, позволяет построить временной график дисконтированных расходов на эксплуатацию и потерь от отказов МПТ, а также рост и спад вероятности его отказа. Усреднение этих графиков по ансамблю реализаций ЖЦ дает оценку средних значений составляющих риска, и сам риск как функцию времени.

Для наиболее полного обоснования каждого решения перед его принятием целесообразно использовать диаграмму «галстук-бабочка» (ДГБ), которая, как известно, является синтезом дерева событий и дерева отказов для рассматриваемого объекта [6]. Использование ДГБ для каждой комбинации нагрузок и воздействий повышает точность оценки риска реального трубопровода, обладающего, как правило, пассивной и активной подсистемой защиты от запроектных нагрузок и воздействий в виде

предупредительных барьеров, которые снижают вероятность отказа-разгерметизации и парирующих барьеров, которые минимизируют последствия такого отказа [7] (Рис. 3). Этот подход позволяет также минимизировать углеродный след ЖЦ МПТ на фазе его активной эксплуатации [8]. Представляется, что метод ДГБ в контексте построения ЖЦ МПТ целесообразно использовать не однократно, а каждый раз при принятии соответствующих управляющих решений, причем для каждой комбинации нагрузок и воздействий отдельно. В результате ДГБ становится динамической, поскольку она трансформируется по ходу эксплуатации объекта, после каждого вмешательства в его функционирование.

Синтезом рассмотренных подходов является алгоритм оптимизации риска МПТ, блок-схема одного из вариантов которого представлена на рисунке 4.

В проблеме использования методологии риск-анализа для проектирования и эксплуатации отечественных МПТ существенную негативную роль играет человеческий фактор. Социологи-специалисты в области риск-анализа отмечают, что в советском обществе, где царил табу на сам

термин риск, за десятилетия жесткой детерминированной плановой экономики глубоко укоренилось предубеждение о том, что вероятностные подходы мало пригодны для практики, поскольку все вероятностные расчеты сложны для понимания, трудно верифицируемые, а прогнозы отказов не точны. Поэтому все расчетные риски не заслуживают серьезного рассмотрения, и, вообще, могут быть проигнорированы. Эта психология и установка передавалась из поколения в поколение и до сих пор существует в российском обществе.

Для нигилистов, отрицающих важность оценки риска (и ориентирующихся на «авось»), существует присказка, которая в переводе на русский звучит следующим образом:

«Если вы считаете, что риск – фальшивка, липа, ложь, подделка, или обман. Он нагрянет к вам внезапно и ограбит ваш карман/посадит вас в зиндан/оденет вас в саван».

Впечатляющим примером справедливости этой присказки явилась экологическая катастрофа, которая произошла 29 мая 2020 года в районе Кайеркан г. Норильска на ТЭЦ-3 АО «НТЭК», где, из-за недоброкачественного ремонта, произошла разгерметизация резервуара хранения дизельного топлива, в результате которой 21,2 тыс. т. топлива вытекли из резервуара, вышли за пределы обвалования, попали в котлован, на прилегающую территорию и в ручей Безымянный. Площадь разлива достигла 180 тыс. кв. м. (18 га).

Оценочная стоимость качественного ремонта злопо-

лучного топливного резервуара, основанная на RBI и риск-анализе равна, в ценах 2020 года, 10 млн руб. По данным компании [11] финансовые последствия аварии выглядят следующим образом: 1) общие затраты на ликвидацию последствий аварии – приблизительно 12 млрд руб.; 2) дополнительные инвестиции в повышение промышленной безопасности энергетической инфраструктуры в 2020–2024 гг. – 100 млрд руб. Росприроднадзор оценил размер экологического ущерба водным объектам и почве в 148 млрд руб., а экологический ущерб в 21,4 млрд руб. (это без оценки ущерба рыбным запасам и биологическим ресурсам). Соотношение (величина совокупного ущерба) / (стоимость RBI и ремонта резервуара) при этом = 28000.

Совершенно другое, серьезное отношение к риску усматривается в методе мейнтенанса, основанном на коэффициенте возврата инвестиций ROI, который используется, в частности, при техническом обслуживании гражданских самолетов и сложного медицинского оборудования [9], и вычисляется следующим образом:

$$ROI = (\text{предотвращенные затраты/инвестиции}) - 1. \quad (1)$$

В приложении к МПТ в уравнении (1) предотвращенные затраты (ПЗ) – это экономическая выгода, равная разнице между общей стоимостью жизненного цикла МПТ, находящегося на внеплановом обслуживании, и общей стоимостью жизненного цикла МПТ при использовании

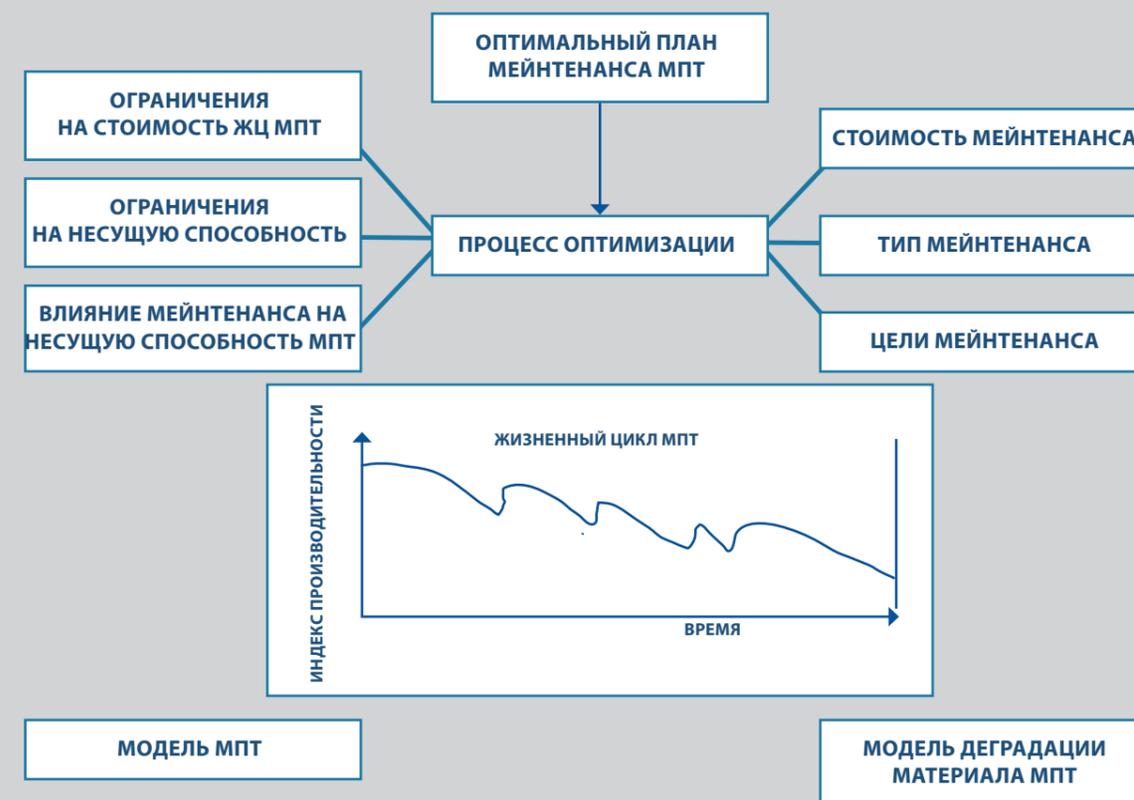


Рис. 4. Обобщенная процедура риск-ориентированной оптимизации мейнтенанса МПТ.

*Чем важнее объект, тем больше данных необходимо для получения состоятельной оценки риска его эксплуатации. Чем точнее диагностика, тем точнее оценка риска. Чем меньше мы знаем о свойствах случайных или неопределенных параметров стратегически важных объектов, тем грубее оценки риска, основанные на таких данных, и тем менее полезны они для лиц, принимающих решения. При грубой диагностике возможность реализации риск-ориентированной диагностики и технического обслуживания стратегических инфраструктур близка к нулю.*

конкретного, в частности, риск-ориентированного мейнтенанса. Тогда:

$$ПЗ = Сожц - (C_{ром} - I_{ром}), \quad (2)$$

Где Сожц – общая стоимость ЖЦ трубопровода, находящегося на внеплановом обслуживании,  $C_{ром}$  – общая стоимость ЖЦ МПТ при использовании риск-ориентированного мейнтенанса,  $I_{ром}$  – стоимость инвестиций, связанных с имплементацией этого мейнтенанса.

Подставляя выражение (2) в формулу (1), имеем:

$$ROI = Сожц - (C_{ром} - I_{ром}) / I_{ром} - 1. \quad (3)$$

Если  $ROI \leq 0$ , то риск-ориентированный мейнтенанс невыгоден. Если  $ROI > 0$ , то риск-ориентированный мейнтенанс целесообразен.

Для применения данного подхода ЛПР должно доверять тем величинам, которые закладываются в формулы (1)–(3). А для этого необходимо иметь продвинутое научно-обоснованную суверенную технологию диагностики и мейнтенанса МПТ.

В завершение статьи приведем некоторые дополнительные соображения относительно риск-анализа МПТ.

Анализ риска подразумевает возможность измерения риска с необходимой точностью. Несмотря на то, что риск нельзя измерить непосредственно, его можно оценить опосредованно, через физически измеримые параметры, исходя из общей теории измерений, которая основана на том, что точность измерений всегда относительна. Базой является проведение независимых измерений другим,

более точным инструментом. Инструментом наивысшей точности при этом является мера, хранящаяся в Государственной/Международной Палате мер и весов. Все остальные измерительные инструменты (технологии) калибруются относительно инструмента/меры Палаты мер и весов. Техногенный риск МПТ вычисляется через вероятностные характеристики параметров их дефектов и аномалий, выявляемых с помощью продвинутой диагностики и парируемый с помощью современного мейнтенанса.

В рискологии нет установившейся методики верификации результатов того или иного риск-анализа. Если исходная статистика достаточно богата, верификацию можно провести исходя из следующих соображений [10]. Можно один и тот же исходный материал описать разными независимыми, но эквивалентными вероятностными способами: разными ФПВ, или разными случайными функциями. При этом необходимо различать алеаторные и эпистемные случайные величины, а также величины, которые оставаясь неопределенными, не подпадают под категорию вероятностных величин или функций. Если получаемые при этом конечные результаты близки, можно считать, что верификация состоялась.

Качество и количество исходных данных, предназначенных для оценки риска МПТ, однозначно диктуют выбор метода проведения риск-анализа. Отсутствие статистических данных, вынуждает проводить риск-анализ используя интервальные оценки, нечёткую логику или теорию очевидностей (свидетельств) Демпстера–Шафера, основанную на субъективных мнениях экспертов и профессионалов.

При скудной информации возможность эквивалентной двоякой трактовки исходного материала сильно сокращается или становится невозможной. Единственным критерием истины становится практика, когда ЛПР принимает решение и рискует своей «шкурой», основываясь на единственном грубом количественном риск-анализе и собственной, неизбежно субъективной, оценкой ситуации.

Анализ доступных авторам отчетов о проведении внутритрубной дефектоскопии отечественных трубопроводов показывает, что они выполняются на сравнительно низком технологическом уровне. В отчетах: 1) отсутствуют оценки погрешностей измерений присущих конкретно данному ВТИ при его использовании в данном диагностическом прогоне; 2) отсутствуют вероятности пропуска опасных дефектов; 3) число верифицированных измерений обнаруженных дефектов статистически незначимо (не превышает 10, а должно быть не менее 30, лучше 50 измерений ДДК).

Как следствие, содержание этих отчетов не позволяет дать объективную вероятностную оценку степени повреждения трубопровода и величины его остаточного ресурса по несущей способности. Скудость представленных в отчетах данных не позволяет отечественным трубопроводным фирмам перейти на риск-ориентированные диагностику, мейнтенанс и ЖЦ. При нынешнем состоянии дел, об этом не может быть и речи.

Чем важнее объект, тем больше данных необходимо для получения состоятельной оценки риска его эксплуатации. Чем точнее диагностика, тем точнее оценка риска. Чем меньше мы знаем о свойствах случайных или неопределенных параметров стратегически важных объектов, тем грубее оценки риска, основанные на таких данных, и тем менее полезны они для лиц, принимающих решения. При грубой диагностике возможность реализации риск-ориентированной диагностики и технического обслуживания стратегических инфраструктур близка к нулю.



## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

- Исходя из постулата, что суверенные нормы обеспечения безопасности МПТ должны основываться исключительно на отечественных технологиях, можно утверждать, что это однозначно требует отказа от применения иностранных технологий ВТД.
- Разработка суверенных риск-ориентированных норм проектирования и эксплуатации Российских МПТ должна сопровождаться, причем, с опережением, созданием отечественной технологии их диагностики, мониторинга, и мейнтенанса (технического обслуживания, ремонта и восстановления после аварии или инцидента), которая способна, по уровню своей разработки, снабжать ЛПР всеми данными, необходимыми для объективной оценки эксплуатационного риска МПТ.
- Целесообразно прочитать курс лекций по современным методам внутритрубной диагностики и риск-ориентированным методам проектирования и эксплуатации морских подводных трубопроводов для всех сотрудников отечественных фирм, имеющих дело с проектированием и эксплуатацией МПТ.
- Необходимо определиться с финансированием разработки технологий, которые обеспечивают применение риск-ориентированного подхода к проектированию и эксплуатации МПТ.
- Целесообразно инициировать пилотный проект по калибровке программ расчета риска отечественных МПТ.
- Оптимальный подход к решению рассматриваемой проблемы в условиях экзистенциальных угроз усматривается в синергетической кооперации владельцев/операторов Российских МПТ, исполнительных и законодательных органов федерального уровня, Союза нефтегазопромышленников России и академической науки.
- Это позволит привести эксплуатацию отечественных МПТ в полное соответствие с федеральным законом ФЗ от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 08.08.2024) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.09.2024).

## ЛИТЕРАТУРА:

- Шмаль Г.И., Тимашев С.А. Первоочередные безотлагательные задачи создания норм проектирования и эксплуатации безопасных морских подводных трубопроводов России. // Морская наука и техника, специальный выпуск № 12, май 2024 г.
- Лепихин А.М., Лещенко В.В., Махутов Н.А. Проблемы и возможности развития концепции риска технических систем. Вычислительные технологии, 2023, том 28, № 4, с. 22–34, 2023. DOI:10.25743/ICT.2023.28.4.003
- Timashev S.A., Holistic Approach to Full Statistical Analysis of ILI Results. Proceedings of International Pipeline Conference IPC 2005, #72.
- Timashev S.A., Bushinskaya A.V., Diagnostics and Reliability of Pipeline Systems. Springer, 2015.
- Timashev S.A., Kuzmin A.B. A powerful tool for assessing locations of defects missed-out by ILI. // Proceedings of International Pipeline Conference IPC 2004.–Calgary, Alberta, October 4–8, 2004, #98
- Сивоконь И.С. Риски: структура и анализ. Москва-Волгда, Инфо-Инженерия, 2024.
- Самусева Е.А. Анализ опасности морских трубопроводов для количественной оценки риска аварий. – М.: ЗАО «НТЦ Исследований промышленной безопасности», 2011.
- Тимашев С.А., Ковальчук Т.Г., Бушинская А.В., Шмаль Г.И. Углеродный след морских подводных трубопроводов. Морская наука и техника, № , 2024.
- Zio E. Challenges in the vulnerability and risk analysis of critical infrastructures. Reliability Engineering and System Safety. 2016; (152):137–150.
- Тимашев С.А., Надежность больших механических систем. М., Наука 1982.
- <https://www.nornickel.ru/sustainability/chpp-3/>
- Бушинская А.В., Тимашев С.А. Оптимальное надежное проектирование строительных конструкций по критерию индекса качества жизни: препринт. Екатеринбург: Уральский рабочий, 2023. – 116 с. ISBN 978-5-85383-950-2.

# УГЛЕРОДНЫЙ СЛЕД МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ



С.А. Тимашев<sup>1</sup>, Т.Г. Ковальчук<sup>1</sup>, А.В. Бушинская<sup>1</sup>, Г.И. Шмаль<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и машин» УрО РАН, Екатеринбург, ул. Студенческая, 54-А

<sup>2</sup> Союз нефтегазопромышленников России, Москва, Дегтярский пер., д. 9

## Аннотация.

В статье рассматривается проблема учета, оценки и минимизации углеродного следа (УС) морских подводных трубопроводов (МПТ) на всех этапах их жизненного цикла (ЖЦ) в контексте парадигмы проектирования и эксплуатации этих стратегических объектов по суверенным отечественным нормам, при одновременной необходимости достижения нулевого уровня выбросов CO<sub>2</sub> к 2060 году, согласно принятым Россией обязательств в рамках Парижского соглашения 2015 года.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Первые морские подводные трубопроводы были уложены на глубинах 10-20 м в Мексиканском заливе в 1940 г. На сегодня по дну Северного моря уже проложено около 6000 км трубопроводов (глубина укладки трубопроводов до 180 м), некоторым из которых более 50 лет. Самым глубоководным МПТ является газопровод «Турецкий поток» – глубина до 2200 м; его суммарная мощность составляет 31,5 млрд куб. м в год (по 15,75 млрд куб. м каждая нитка).

Для квалифицированной состоятельной оценки экологического/углеродного следа/ шлейфа морских подводных трубопроводов необходимо провести дополнительный специфический анализ их полного жизненного цикла (ПЖЦ). Этот анализ позволит оценить (1) величину углеродного следа (шлейфа) МПТ как случайную функцию времени и (2) его вклад в отраслевой, страновой и глобальный УС, влияющий на изменение климата планеты.

Полный жизненный цикл МПТ состоит из: (1) добычи сырья, необходимого для создания МПТ; (2) обработки материалов, изготовления компонентов МПТ; (3) разведки поверхности дна по всему маршруту строительства для обнаружения и оценки возможных препятствий; (3) строительства (укладки) трубопровода на морское дно, строительства береговой инфраструктуры; (4) гидроиспытания трубопровода для проверки на наличие дефектов; (5) эксплуатации системы, включая ее диагностику, мониторинг и плановый мейнтенанс; (7) восстановления МПТ после каждой аварии и (8) утилизации после срока полезного использования.

Углеродный след МПТ является индикатором экологической эффективности использования транспортируемого топливно-энергетического ресурса на всех этапах его жизненного цикла, поэтому представляет большой

интерес для общественности и инвесторов. Лица, принимающие решения (ЛПР) о способах эксплуатации МПТ, должны (в контексте использования суверенных норм и правил эксплуатации отечественных МПТ и Парижского соглашения) учитывать отдельно размер создаваемого ими текущего и кумулятивного УС и дисконтированную стоимость его нейтрализации.

В условиях динамической многофакторной неопределенности современного мира управление МПТ осуществляется по критериям безопасности и риска – определяющими индикаторами качества их функционирования. При этом целевая функция (ЦФ) управления риском сводится к минимизации обобщенной стоимости эксплуатации объекта на отрезке времени «от зачатия/колыбели до могилы».

С математической точки зрения задача управления риском МПТ ставится как задача оптимизации целевой функции, которая в контексте рассматриваемой задачи должна адекватно отражать суммарные приведенные затраты в течение всего жизненного цикла на: (1) создание и утилизацию МПТ; (2) техническое обслуживание, ремонт и восстановление из-за возможных аварийных ситуаций; (3) восстановление нарушенного (из-за производственной деятельности системы) экологического баланса окружающей среды; (4) компенсацию УС системы и (5) восстановление утраченного человеческого здоровья и монетарную компенсацию возможной потери жизней при эксплуатации МПТ.

В самом общем случае задача определения техногенного риска, трактуемого как произведение вероятности отказа (ВО) на его последствия (потери/ущерб), выраженного в монетарной форме, решается как задача оптимизации целевой функции управления рисками эксплуатации МПТ, которая сводится к интегральной стоимости владе-

ния МПТ на его полном ЖЦ:

$$C_{\text{МПТ}} = C_{\Sigma} + C_{\Sigma,c} + C_{\Sigma,ин} + C_{\Sigma,r} + C_{\Sigma,cf} + C_{\Sigma,hl} \quad (1)$$

Здесь  $C_{\Sigma,c}$  – общая стоимость проектирования, строительства и пуска МПТ в эксплуатацию, а также его утилизации после завершения срока службы;  $C_{\Sigma,ин}$  – общая стоимость всех инспекций на ЖЦ МПТ;  $C_{\Sigma,r}$  – общая стоимость всех ремонтов/ восстановления на ЖЦ МПТ, в том числе, после аварий и катастроф;  $C_{\Sigma,cf}$  – суммарные затраты на компенсацию вреда от УС;  $C_{\Sigma,hl}$  – стоимость восстановления утраченного человеческого здоровья и объём монетарной компенсации возможной потери жизней на протяжении ЖЦ МПТ.

При решении задачи оценки и минимизации размера УС необходимо учитывать следующие обстоятельства.

Размер УС при создании МПТ как стратегической инфраструктуры определяется целями создания объекта; при этом размер УС подчинен этим целям и не может быть ограничивающим фактором. Из этого следует, что компенсация УС, вызванного строительством и пуском в эксплуатацию МПТ, может потребовать использование специальных финансовых инструментов (например, посадки определенного количества быстрорастущих и обладающей высокой поглощающей способностью пород деревьев). При этом размер УС при утилизации такого МПТ также является некоторой функцией его первоначальной цели.

Основной углеродный шлейф возникает при эксплуатации МПТ. Он является функцией объема и качества диагностики, мониторинга, мейнтенанса трубопровода, а также последствий разгерметизации МПТ в результате инцидентов, аварий и катастроф.

Поскольку все эти эксплуатационные события моделируются при построении множества сценариев ЖЦ МПТ, необходимых для оценки и минимизации эксплуатационного риска, величина УС получается при этом как естественное следствие рассматриваемого сценария. При этом минимизация УС при каждом виртуальном нарушении целостности трубопровода возможна в процессе принятия очередного решения. Это позволяет эффективно управлять размером углеродного шлейфа за счёт выбора оптимального проекта системы и оптимальных технологических инспекций, планового ремонта и восстановления МПТ после разгерметизации или аварии.

## ОБОБЩЕННЫЙ АЛГОРИТМ РАСЧЕТА УС МПТ

Рассмотрим алгоритм оценки величины углеродного следа МПТ на протяжении его ЖЦ.

Так как отраслевой или страновой УС формируется отдельными инфраструктурами компаний/государства, для его сокращения необходимо на уровне каждой инфраструктуры стремиться к снижению ее углеродной эмиссии, начиная с начальной стадии ЖЦ инфраструктуры, в нашем случае МПТ, – производства его структурных компонент и непосредственно строительства.

В расчете УС морской транспортировки природного газа учитываются выбросы метана (CH<sub>4</sub>) и диоксида углерода (CO<sub>2</sub>), а также показатели затраченной энергии в расчете на единицу продукции, образующиеся на всех стадиях его ЖЦ. Доля других парниковых газов (ПГ) составляет не более 1 % от всех выбросов газов с парниковым эффектом и в количественном определении УС они не учитываются.

ЖЦ МПТ состоит из следующих этапов:

I. производство материалов, из которых будут изготавливаться компоненты МПТ (добыча сырья для производства материалов обычно не рассматривается в расчете УС);

II. производство компонент МПТ;

III. транспортирование, сварка, укладка трубопроводной плети на морское дно и ее защита от внешних воздействий, монтаж всего технологического оборудования;

IV. эксплуатация МПТ в стационарном режиме, включая плановые и внеплановые диагностики, технический ремонт, обслуживание;

V. переработка/утилизация компонент МПТ после завершения его эксплуатации.

Рассмотрим в общем виде из чего складывается и как рассчитывается УС на каждом этапе.

**I. Производство материалов для изготовления компонент.**

На этапе производства материалов УС зависит типа материалов, из которых изготавливаются структурные компоненты МПТ, от их веса и коэффициентов выбросов ПГ при производстве данных типов материалов.

$$УС_i = \sum_j EF_j m_i \quad (2)$$

где УС<sub>i</sub> – УС этапа производства материалов, EF<sub>j</sub> – коэффициент эмиссии ПГ при производстве i-го материала, m<sub>i</sub> – масса i-го материала в компонентах МПТ.

На данной стадии для нефтегазотранспортной компании примерами могут служить производство стали или полимеров, необходимых для производства труб и трубопроводного оборудования (компрессоров, насосов), производство бетона, необходимого для строительства зданий и сооружений ГКС и НПС, бетонных укреплений трубы и др.

**II. Производство структурных компонент.**

На данном этапе УС генерируется при энергопотреблении оборудования, применяемого в производстве компонент МПТ, и зависит от типа, количества, потребляемой мощности и времени работы этого оборудования.

$$УС_{II} = \sum_j \sum_i EF_{ij} w_{ij} t_j \quad (3)$$

где УС<sub>II</sub> – УС этапа производства компонент, EF<sub>ij</sub> – коэффициент выбросов при использовании i-го источника энергии j-ым типом оборудования для производства компонент МПТ, w<sub>ij</sub> – потребляемая энергия (мощность) j-го оборудования в единицу времени (час) от i-го источника энергии, t<sub>j</sub> – время работы j-го оборудования.

Например, при изготовлении стальных труб учитываются выбросы от потребления энергии оборудованием для производства из готового сырья листовой стали, калибровки, прокатки, охлаждения, нарезки, сварки.

Для подводных трубопроводов учитываются также выбросы от антифрикционных и антикоррозионных покрытий поверхностей труб специальными материалами, утяжеляющих бетонных покрытий для стабильности на дне моря на мелководье, которые имеют свои коэффициенты эмиссии. Выбросы зависят от площади, толщины и плотности (массы) данных покрытий. УС покрытий рассчитывается по формуле (2).

Для транспортировки газа по МПТ требуются газоперекачивающие агрегаты (ГПА) и другое оборудование. Выбросы МПТ на этапе производства его компонентов за-

висят от проектного числа оборудования данных типов и рассчитываются, исходя из веса оборудования и среднего коэффициента выбросов обрабатывающей промышленности в регионе, по формуле (2).

**III. Строительство технологических объектов** морской транспортировки нефти/ природного газа включает транспортирование компонент на место, сварку, укладку трубопроводной плети на морское дно, ее защиту от внешних воздействий, укладку трубы у выходов на берег в специальные траншеи с засыпкой сверху грунтом для обеспечения стабильности трубы, монтаж береговой инфраструктуры.

Углеродный след на данном этапе рассчитывается аналогично этапу II, учитывая все виды и затраченное время эксплуатации энергопотребляющей техники и оборудования, задействованных при формировании ложа, укладке, защите МПТ и монтаже всей технологической инфраструктуры. Расчет УС этапа строительства производится по формуле (3).

**IV. Эксплуатация МПТ.**

На этапе эксплуатации МПТ выбросы ПГ в полном объеме складываются из:

- выбросов от энергопотребления рабочего оборудования;
- организованных утечек газа из трубопроводной системы, возникающих в результате технологических операций;
- неорганизованных утечек из технологического оборудования через соединения и уплотнения, а также выбросов при аварийных и чрезвычайных ситуациях.

На данном этапе генерируются (газоперекачивающими агрегатами) самые большие выбросы на всем ЖЦ. Основным экологическим аспектом при транспортировке природного газа морскими трубопроводами являются выбросы парниковых газов ГПА компрессорной станции (КС), сжимающих природный газ для подачи его в морской газопровод. На топливные нужды ГПА расходуется более 80 % газа, потребляемого на собственные технологические нужды при транспортировке. КС, расположенная на суше, включает также энергозатратное оборудование, которое осуществляет подготовку газа (очистку, осушку) перед его компримированием. Выбросы от энергопотребления эксплуатационного оборудования рассчитываются по формуле (3).

При эксплуатации линейной части магистрального газопровода также формируются фугитивные выбросы во время ремонтных работ и ТО, когда производятся технологически обоснованные операции с выпуском природного газа в атмосферу. Количественное определение фугитивных выбросов CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> за временной период t осуществляется расчетным методом на основе данных о расходе углеводородной смеси для осуществления технологических операций или объеме их отведения (сравливания, рассеивания) без сжигания или каталитического окисления. Расчет выполняется по формуле [1, п.п. 3.5, 3.6]

$$E_i = \sum_{j=1}^n (FC_j \cdot w_{ij} \cdot p_i \cdot 10^{-2}), \tag{4}$$

где E<sub>i</sub> – фугитивные выбросы i-го парникового газа за период t, т; FC<sub>j</sub> – расход j-ой углеводородной смеси на технологические операции (объем отведения без сжигания) за период t, тыс. м<sup>3</sup>; W<sub>ij</sub> – содержание i-го парникового газа в j-ой углеводородной смеси за период t, % об.; ρ<sub>i</sub> – плотность i-го парникового газа, кг/м<sup>3</sup>; i – CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>;

j – вид углеводородной смеси; n – количество видов углеводородных смесей, используемых на технологические операции (отводимых без сжигания).

Расход углеводородной смеси на технологические операции и объем отведения углеводородных смесей без сжигания (FC<sub>j</sub>) определяется по фактическим инструментальным или расчетным данным за отчетный период.

**V. Переработка/утилизация компонент МПТ после завершения его эксплуатации.**

Процесс демонтажа аналогичен процессу строительства, но в обратном порядке, в виду чего выбросы углерода на данном этапе можно считать аналогичными этапу строительства. К ним добавляются выбросы ПГ, образующиеся в процессе переработки или утилизации компонентов инфраструктуры на перерабатывающих заводах. Расчет УС на данном этапе производится по формуле (3).

Эмиссии морских газопроводов и нефтепроводов различны в основном в период их эксплуатации. Углеродный шлейф при нормальной эксплуатации линейной части морского подводного газопровода в основном образуется во время ремонтных работ и ТО, когда производятся технологически обоснованные операции с выпуском природного газа в атмосферу. ТО и ремонт морских подводных нефтепроводов не сопровождается дополнительными выбросами ПГ в атмосферу.

Следует отметить, что в настоящее время расчет УС в случае аварии МПТ, перекачивающего углеводороды, не производится, что является серьезнейшим упущением, так как не позволяет оприходовать значительную часть выбросов, влияющих на изменение климата. При авариях по факту определяют размер утечек и оценивают ущерб, в том числе количество выбросов ПГ.

Этот пробел в знаниях о размере УС нефтегазового сектора России во многом объясняется наличием Приказа Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 27.05.2022 № 371 «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов» [1]. Согласно п. 3.3 этого приказа, в количественное определение фугитивных выбросов парниковых газов не включаются неорганизованные выбросы и аварийные выбросы.

**МЕРЫ КОМПЕНСАЦИИ УС**

Мерами компенсации углеродного следа стратегически важного МПТ могут быть: (1) приобретение квот на выбросы у других нефтегазотранспортных компаний, которые смогли сократить свои выбросы ниже установленных лимитов; (2) инвестиции в проекты по снижению выбросов (например, в возобновляемые источники энергии) или в компенсационные проекты (лесопосадки); (3) покупка сертификатов у специализированных организаций, которые финансируют «зеленые» проекты по снижению выбросов ПГ.

**ФАКТОРЫ РИСКА И ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫЕ МЕРЫ**

Для исключения нарушений работы подводных нефтегазопроводов и аварийных ситуаций проводятся регулярные обследования МПТ с целью обнаружения и оценки деформаций, размывов морского дна, дефектов сварки, вмятин, повреждений защиты трубопровода, а также возможных утечек природного газа. Также осуществляется контроль изменений эксплуатационных параметров, давления, температуры.

Основной причиной кумулятивного роста углеродного

Факторы риска	Предупредительные барьеры
Внешняя коррозия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Припуск на коррозию, рассчитанный на период 30-летней эксплуатации трубопровода;</li> <li>• внешнее антикоррозионное покрытие трубопровода;</li> <li>• катодная защита, рассчитанная на период 30-летней эксплуатации трубопровода;</li> <li>• проведение инспекции по определению толщины трубопровода и наличия дефектов, вызванных коррозией.</li> </ul>
Внутренняя коррозия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Припуск на коррозию, рассчитанный на период 30-летней эксплуатации трубопровода;</li> <li>• внутреннее защитное покрытие трубопровода;</li> <li>• проведение инспекции по определению толщины трубопровода и наличия дефектов, вызванных коррозией.</li> </ul>
Механические повреждения	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Защита трубопровода защитным кожухом;</li> <li>• мониторинг судов, проходящих зону проложенного трубопровода, а также отметка в навигационной карте места расположения подводного трубопровода;</li> <li>• разрешение на проведение любых операций вблизи трубопровода.</li> </ul>
Землетрясение	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Конструкция трубопровода, способная выдерживать максимальную сейсмическую активность, зафиксированную в этой зоне в течение 2000 лет;</li> <li>• мониторинг сейсмической активности в зоне возможной досягаемости трубопровода.</li> </ul>
Ледовое воздействие (стамухи, торосы)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Конструкция трубопровода, способная выдерживать ледовые воздействия в течение всего периода эксплуатации;</li> <li>• ежегодный осмотр трубопровода с целью определения воздействия со стороны ледовых образований.</li> </ul>
Внутренняя эрозия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Антифрикционное покрытие, обеспечивающее защиту внутренней стальной поверхности трубопровода;</li> <li>• фильтрация транспортируемого продукта на морской платформе с целью максимального удаления песка из состава.</li> </ul>
Превышение предельно допустимого уровня давления	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Конструкция трубопровода, способная выдерживать повышение давления;</li> <li>• контроль параметров транспортируемого продукта;</li> <li>• тренинги для операторов, обслуживающих трубопровод;</li> <li>• строгий контроль всех операций, проводимых с трубопроводом;</li> <li>• оснащение трубопровода системой предохранительных клапанов.</li> </ul>
Ошибки эксплуатации, ВТД, и восстановления	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Конструкция трубопровода, обеспечивающая беспрепятственное прохождение снаряда;</li> <li>• разрешение (наряд-допуск) на проведение операции с использованием снаряда;</li> <li>• проведение операций обученным персоналом.</li> </ul>
Ошибки мейнтенанса (технического обслуживания и ремонта)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проведение технического обслуживания строго по существующей программе технического обслуживания;</li> <li>• разрешение (наряд-допуск) на проведение соответствующих работ любого технического обслуживания;</li> <li>• проведение технического обслуживания специально обученным персоналом.</li> </ul>
Скрытые дефекты материала и/или сварных швов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Оценка и контроль качества в процессе строительства подводного трубопровода;</li> <li>• опрессовка трубопровода перед вводом его в эксплуатацию;</li> <li>• проверка трубопровода с помощью снарядов-дефектоскопов.</li> </ul>

Рисунок 4 - Процесс управления ИБАР подводного оборудования

следа МПТ является разгерметизация трубопровода под давлением, сопровождаемая высвобождением газоконденсата или сырой нефти. Возможные причины (факторы риска) разгерметизации трубопровода и конструкционные и технологические меры снижения вероятности проявления этих рисков представлены в табл. 1 [2]. Эти меры, по своей сути, являются пассивными или активными пред-

упредительными барьерами, которые снижают вероятность реализации рисков разгерметизации МПТ.

Ни один из этих предупредительных барьеров (и даже все они вместе) не гарантирует защиту МПТ от разгерметизации, поэтому на практике их дополняют парирующими барьерами, которые призваны снизить последствия разгерметизации МПТ [3]. На рис. 1, в качестве примера, при-



# КБ ОСК «РУБИН» ПРЕДСТАВЛЯЕТ ПОДВОДНОГО РОБОТА-ДОСТАВЩИКА РАЗЛИЧНЫХ ПОЛЕЗНЫХ НАГРУЗОК

**КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО ОСК «РУБИН» ПРЕДСТАВИЛО НА ВЫСТАВКЕ «АРМИЯ-2024» СВОЮ НОВУЮ РАЗРАБОТКУ: АВТОНОМНЫЙ НЕОБИТАЕМЫЙ ПОДВОДНЫЙ АППАРАТ (АНПА) «АРГУС-Д».**

ведена диаграмма «галстук-бабочка» (ДГБ) с предупредительными (слева) и парирующими (справа) барьерами в случае воздействия внешней и внутренней коррозии.

Выброс из подводного газопровода может привести к образованию облака топливовоздушной смеси (ТВС) и последующему замедленному её воспламенению, с образованием горящего факела или к пожару на поверхности моря. В случае выбросов из МПТ рядом с платформой возникает риск воспламенения ТВС с перерастанием в быстро распространяющийся пожар пролива (по типу горящего факела). Если этот пожар окажется среднего или крупного масштаба, то он сможет повредить одну или несколько опор основания платформы [4]. Выброс многофазной углеводородной среды может нанести серьезный ущерб окружающей среде и привести к потере продукции вследствие блокировки канала экспорта в период устранения последствий [4].

Примечание к рис. 1.:

Предупредительные барьеры: 1 – припуск на коррозию, рассчитанный на период 30-летней эксплуатации трубопровода; 2 – внешнее антикоррозионное покрытие трубопровода; 3 – катодная защита, на период 30-летней эксплуатации трубопровода; 4 – инспекция по определению толщины трубопровода и наличия дефектов, вызванных коррозией; 5 – внутреннее защитное покрытие трубопровода.

Парирующие барьеры (меры восстановления): 1 – система обнаружения утечек; 2 – аварийная остановка: сброс давления через факельную систему морской добывающей платформы; 3 – система предупреждения и тушения пожаров; 4 – план ликвидации утечки, 5 – план ликвидации аварии.

## Выводы

1) В свете Парижского соглашения, процедуры анализа риска, осуществляемые на этапе проектирования МПТ, должны не только оценить их уровень безопасности, но и давать оценку УС проекта. На стадии риск-ориентированной эксплуатации МПТ необходимо планировать и осуществлять организационные и технические меры минимизации УС, за счет обеспечения высокой надежности МПТ по критерию его целостности.

2) Целесообразно инициировать тематику по оценке величины УС возникающего от утечек и аварий МПТ, которые не подпадают, в настоящее время, под Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 27.05.2022 № 371.

3) Целесообразно ввести обязательную паспортизацию каждого объекта нефтегазовой промышленности на предмет его УС. Этот паспорт необходимо подтверждать ежегодно. Наличие таких паспортов позволит осуществлять мониторинг странового УС и скорость приближения УС России к нулевому выбросу.

4) Самые большие выбросы на ЖЦ МПТ генерируются на этапах их возведения и эксплуатации. С ростом протяженности и пропускной способности МПТ увеличивается и его УС.

5) Для снижения выбросов ПГ в атмосферу приоритетом становится применение энергоэффективной техники и технологического оборудования, использование ГПА нового поколения с малоэмиссионными камерами сгорания.

6) Приведенные в статье рассуждения и алгоритм оценки УС полностью применимы для всех типов сухопутных трубопроводов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 27.05.2022 № 371 «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов».

2. Сторожева А.Е., Сторожева М.Е. Надежность и риски подводного многофазного трубопровода // Neftegaz.RU, №11, 2021. – URL: <https://magazine.neftgaz.ru/articles/transportirovka/707863-nadezhnost-i-riski-podvodnogo-mnogofaznogo-truboprovoda/> (дата обращения: 12.09.2024)

3. Сивоконь И.С. Риски: структура и анализ. – М.–Вологда : Инфо-Инженерия, 2024.

4. Самусева Е.А. Анализ опасности морских трубопроводов для количественной оценки риска аварий. – М. : ЗАО «НТЦ Исследований промышленной безопасности», 2011.



Рис. 1. Диаграмма «галстук-бабочка» для морских подводных трубопроводов при воздействии внешней и внутренней коррозии

Это система доставки (отсюда «Д» в названии аппарата) различных полезных нагрузок: донных сейсмических станций, датчиков сбора параметров среды и так далее. Аппарат может размещать на грунте научную аппаратуру, которая будет вести сбор информации об акустических характеристиках океана, в частности, выявлять вклад морского судоходства в акустический фон конкретных районов океана, фиксировать биологическую активность.

«Аргус-Д» базируется на технологиях, которые обеспечили глубоководному аппарату «Витязь-Д» выполнение первой в мире полностью автономной миссии в Марианской впадине.

«Аргус-Д» – первый в России проект аппарата со сбрасываемой полезной нагрузкой. Для нее в его корпусе предусмотрено пространство длиной до 2 м, шириной 0,55 м и высотой 0,5 м. Полезная нагрузка также может размещаться на внешней подвеске аппарата.

«Аргус-Д» действует независимо от судна с экипажем, продолжительность миссии – около 20 часов при скорости в 3 узла (1,5 м/с). Применение АНПА вносит вклад в экологию: в ходе миссии энергетическая установка аппарата, в отличие от двигателей надводного судна, не выделяет углекислого газа, который оказывает влияние на глобальное изменение климата Земли. Для увеличения автономности в состав полезной нагрузки может входить дополнительная литий-ионная батарея.

Скорость полного хода «Аргуса-Д» – до 6 узлов (3 м/с). Глубина погружения – 1 км, но возможно увеличить до 3 км. Длина аппарата – 8,9 м, диаметр – 1 м, вес аппарата в воздухе – около 5,5 тонн. Аппарат оснащен системой уклонения от препятствий. Работу вблизи дна обеспечивают гидролокаторы переднего обзора, доплеровский лаг и альтиметр.

Перевозка аппарата предусмотрена в стандартном 40-футовом контейнере.

Открытая архитектура обеспечивает аппарату совместимость с системами разных разработчиков и уменьшение стоимости его жизненного цикла. «Аргус-Д» может быть адаптирован под запросы заказчика. Для быстрого обслуживания аппарата предусмотрена простота доступа к его подсистемам и аккумуляторной батарее.

«Аргус-Д» входит в семейство аппаратов «Аргус», разрабатываемое ЦКБ «Рубин». Первый представитель этого



семейства был показан на МВТФ «Армия-2023»; он предназначен для широкого круга задач при освоении подводных месторождений, включая охрану подводной инфраструктуры.

Конструкторское бюро ОСК «Рубин» активно обсуждает вопросы создания робота-постановщика с заинтересованными научно-исследовательскими институтами. Рассматривается возможность создания новых донных станций, в которых будут использованы новейшие достижения в области радиоэлектроники, энергетических систем и программного обеспечения.



## ИНСПЕКЦИИ ПОДВОДНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

Д.т.н., профессор Ю.А. Харченко, Российский государственный геологоразведочный университет (МГРИ) имени С. Орджоникидзе, Москва, Россия. KharchenkoYA@mgri.ru

### Аннотация.

Подводная добыча углеводородов является одним из перспективных направлений в освоении глубоководных удаленных месторождений арктического шельфа. Для обеспечения безопасной эксплуатации подводного оборудования и трубопроводов необходимо периодическое проведение инспекций их технического состояния. Однако связи с коротким периодом навигации доступ к рассматриваемым подводным объектам затруднен. Поэтому необходимо разрабатывать новые подходы к организации таких инспекций, в результате которых можно получить необходимую информацию о техническом состоянии подводного оборудования и трубопроводов в период короткой навигации при минимальных материальных затратах. В работе рассмотрены особенности применения методологии инспектирования подводных добычных комплексов на основе анализа рисков на акватории замерзающего моря.

**Ключевые слова:** подводный вид обустройства (ПВО), подводный добычной комплекс (ПДК), вероятностный анализ, подводные инспекции, риск, ущерб, фонтанная арматура.

### ВВЕДЕНИЕ

Освоение нефтегазовых месторождений глубоководной части арктического шельфа невозможно без использования подводных добычных комплексов (ПДК), которые позволяют исключить воздействие ледовых образований на объекты обустройства, и таким образом повысить безопасность их эксплуатации в экстремальных гидрометеорологических условиях. Оборудование и трубопроводы ПДК являются сложными энергоемкими техническими системами и относятся к опасным производственным объектам (ОПО) первого класса опасности [1].

Для поддержания безопасности таких объектов на высоком уровне в течении всего периода их эксплуатации необходим периодический контроль их технического состояния и проведение ремонтно-восстановительных работ.

Как известно, оборудование подводного добычного комплекса предназначено для круглогодичной непрерывной эксплуатации в течении всего периода разработки месторождения. При этом его резервирование проектом не предусмотрено. Выполнение работ по обследованию технического состояния оборудования ПДК требует проведения дорогостоящих морских операций с использова-

нием необитаемых телеуправляемых подводных аппаратов и внутритрубных диагностических поршней.

В зависимости от сложности, категории ответственности оборудования, а также наличия резерва, могут быть реализованы различные стратегии контроля его технического состояния:[2]

1. Периодическая остановка для проведения регламентных работ;
2. Замена отдельных элементов или всего оборудования по истечении заданного времени;
3. Нарботка на отказ т.е. эксплуатация до поломки с последующим ремонтом или заменой;
4. Непрерывный контроль определенных технологических параметров оборудования. Выход этих параметров из заданного диапазона свидетельствует о возникновении неисправности. Требуется остановка и проведение ремонтных работ;
5. Периодический контроль определенных технологических параметров оборудования и разработка плана ремонтно-восстановительных работ по результатам этого контроля

Исходя из уровня ответственности и местоположения объектов ПДК применение стратегий 1-4 контроля техни-

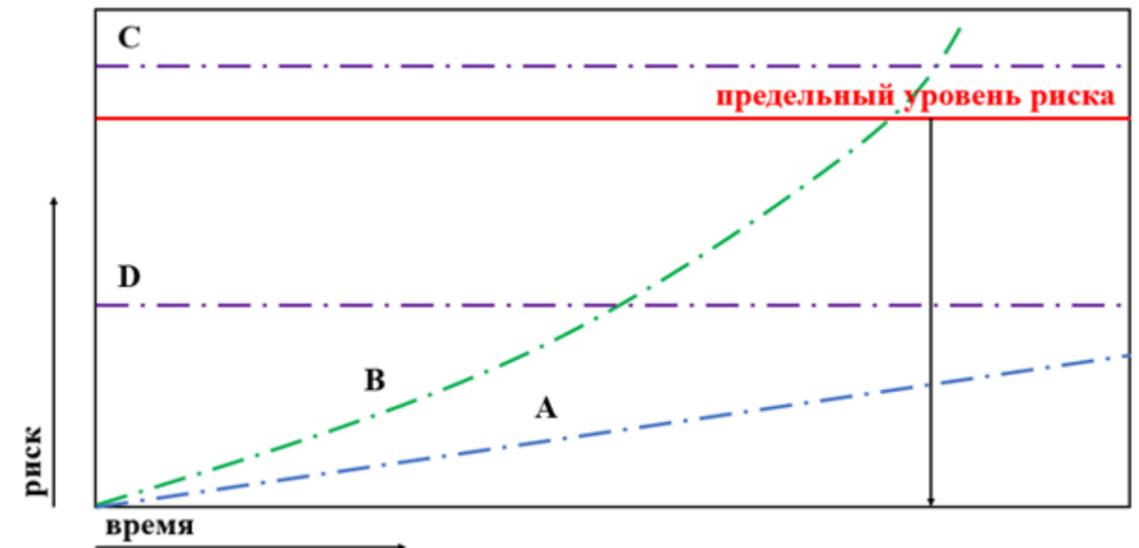


Рисунок 1 - График зависимости риска от времени

ческого состояния либо невозможно, либо связано с высокими расходами и потерями в добыче углеводородов.

Поэтому необходимо использовать пятую стратегию периодического контроля важных технологических параметров подводного оборудования, которая, может реализовываться в рамках двух подходов:

- классический подход, при котором эксплуатирующая организация регламентирует перечень работ и периодичность их проведения, исходя из требований производителя оборудования, эксплуатационной документации, национальных и корпоративных нормативных документов;
- инновационный подход, основанный на применении теории рисков, который позволяет оптимизировать периодичность проведения инспекций и технического обслуживания оборудования ПДК и таким образом сократить затраты на их проведение.

### ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОГО ПОДХОДА ПРИ КОНТРОЛЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПДК НА БАЗЕ АНАЛИЗА РИСКОВ

Основная цель инспектирования подводного оборудования и трубопроводов заключается контроле их технического состояния, выявлении процессов деградации под воздействием различных природных и техногенных факторов, которые могут инициировать аварийную ситуацию по объектах ПДК.

Базовым критерием рассматриваемого подхода является величина риска отказа подводного оборудования и трубопроводов (объектов ПДК).

Риск по своему определению является произведением двух параметров:

$$\text{Риск} = P_0 \times U_0 \quad (1)$$

где -  $P_0$  – вероятность отказа/аварии отдельного элемента оборудования и  $U_0$  – величина ущерба, возникшего в результате аварии.

Вероятность отказа в значительной мере зависит от природы инициирующих факторов.

Они делятся на:

1. Внутренние:
  - 1.1. коррозия;
  - 1.2. эрозия;
  - 1.3. усталость металла;
  - 1.4. отказы датчиков и др. комплектующих;
  - 1.5. газопроявления;
  - 1.6. фазовые превращения (гидратообразование);
2. Внешние:
  - 2.1. воздействие внешних предметов (единичные события);
  - 2.2. наносы или вымывание грунта;
  - 2.3. биообрастание;
  - 2.4. внешняя коррозия.

Исходя из их природы, отказы можно разделить на две группы:

1. Зависящие от времени, или отказы, вызванные старением (п. 1.1,1.2,1.3,1.4,2.2,2.3,2.4);
2. Не зависящие от времени -единичные события и технологические отказы (п.1.5,1.6,2.1)

Из-за этого при планировании инспекций необходимо применять две методологии:

- Оценка рисков, вызванных временным фактором (старение) кривые А, В. (рисунок 1)
- оценка рисков, вызванные технологическими и единичными событиями С, D. (рисунок 1)

Для определения вероятности отказов ( $P_0$ ), связанных с временными факторами, источником может служить база данных OREDA [5], в которой собраны вероятности отказов оборудования для основных объектов подводного добычного комплекса - фонтанной арматуре, манифольдам, подводным трубопроводам и системам управления.

Важно отметить, что в OREDA проводится интенсивность отказов по первой группе (зависимость от времени) как интегральная величина без разделения по природе отказов. Между тем, необходимо учитывать, что каждому виду оборудования присущи отказы определенной природы и при более глубоком исследовании показателей надежности подводного оборудования необходимо это учитывать. Такой подход важен на этапе выбора технологий проведения инспекции. Так, например, влияние внутренней коррозии на состояние линейной части подводных трубопроводов может быть оценено только с использованием внутритрубной диагностики, а воздействие внешних факторов (п.2) - с помощью ТНПА.

Однако на первом этапе планирования инспекций, когда необходимо выявить наиболее уязвимые элементы оборудования, показатели интенсивности отказов, приведенные в OREDA, можно использовать при определении интегральной вероятности отказа отдельных компонентов подводного оборудования. Так, например, подводная фонтанная арматура (Рис.2) состоит из ряда компонентов, каждый из которых характеризуется определенной вероятностью отказа. Данные интенсивности отказа отдельных основных компонентов подводной фонтанной арматуры, представленные в таблице 1, могут быть взяты из базы данных OREDA.

Для определения вероятности отказа как функции времени, воспользуемся нормальным законом распределения безотказности объекта в формуле 2.

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – средняя интенсивность события(отказа) (ч<sup>-1</sup>),  $t$  – время (ч).

Результаты расчетов по формуле (2) изменения во вре-

мени вероятности отказа отдельных компонентов фонтанной арматуры с учетом данных OREDA приведены на рисунке 3.

Как видно, наиболее уязвимым элементом подводной фонтанной арматуры является модуль управления, вероятность отказа которого уже на 2-й год достигает 0.5, а к 5-му году без проведения инспекционных, а при необходимости и ремонтных работ, достигает 0.83. Поэтому к этому модулю обеспечен простой доступ, позволяющий проводить его замену без извлечения всей фонтанной арматуры на дневную поверхность. Для поддержания высокого уровня работоспособности модуля управления и своевременного выявления потенциальных отказов необходимо ежегодное инспектирование этого элемента ФА. Вторым элементом ФА по частоте отказов является фонтанный штуцер, вероятность отказа которого 0.5 достигается только к 15 -му году эксплуатации. На 5-й год эксплуатации вероятность отказа ФШ составляет всего 0.2. Следовательно пятилетняя инспекция ФШ, в соответствии с данными OREDA, вполне достаточна для поддержания этого элемента ФА в удовлетворительном техническом состоянии. Все другие компоненты ФА имеют достаточно высокую отказоустойчивость на протяжении 20 лет эксплуатации. Вероятность их отказа составляет не более 0.25.

Ущерб УО от отказа подводного оборудования можно проанализировать на основании следующих параметров:

- вид продукта;
- дебит скважины;
- время простоя оборудования.

Рассмотрим оценку возможного ущерба на примере газоконденсатного месторождения (ГКМ). Основными

НАЗВАНИЕ МОДУЛЯ	КОЛ-ВО ОБОРУДОВАНИЯ, ШТ.	КОЛ-ВО ОТКАЗОВ, ШТ.
Коннектор	1292	21
Блок ФА	159	18
Колпак фонтанной арматуры	417	10
Отсечной клапан	8678	23
Фонтанный штуцер	604	2
Регулирующий клапан	958	5
Подводный модуль управления	221	277

Таблица 1 - Частота отказов подводного оборудования [5]

продуктами являются природный газ и конденсат, которые при попадании в морскую воду быстро поднимаются на поверхность и испаряются в атмосферу. Поэтому при подводном обустройстве ГКМ из трех видов ущерба – экологический, угроза жизни персонала и экономический, наиболее значимым является третий – а именно ущерб от потери добычи из-за отказа подводного оборудования, величина которого зависит от времени простоя этого оборудования., т.е. остановки добычи.

Одной из основных особенностей морского месторождения является зависимость возможности проведения морских операций (инспекций или ремонтных работ) от гидрометеорологических условий.[3] Для условий российского арктического шельфа навигационный период, в зависимости от района, может составлять от 3 до 6 месяцев.[4] Поэтому величина ущерба при отказе элемента ПДК в зависимости от времени года может существенно отличаться. В случае возникновения внештатной ситуации в навигационный период, доступ к подводному оборудованию практически не ограничен и для определения времени ремонта в первом приближении можно воспользоваться данными OREDA (Таблица 2). В межнавигационный период (МНП) ледовый покров препятствует проведению любых работ с подводным оборудованием и поэтому возможное время ремонта фактически равно данному МНП. Соответственно кратно возрастает ущерб и расчетный риск при одной и той же вероятности отказа из допустимого в навигационный период (А и D) может перейти в область недопустимого в межнавигационный период (В и С). На рис. 1 показаны кривые А и В изменения вероятности для отказов, зависящих от временного фактора и кривые С и D для отказов, не зависящих от времени.

Отмеченная зависимость величины риска от навигационного периода требует корректировки выводов, полученных по результатам расчетов отказоустойчивости отдельных компонентов ФА с использованием данных OREDA. Например, для проведения ремонтных работ при отказе ФШ по данным OREDA на акватории незамерзающего моря потребуется максимально 72 часа (3 суток). Для акватории замерзающего моря, например Карского, где межнавигационный период составляет 270 суток, время вынужденного простоя ПДК, а следовательно, и потенциальный ущерб от потери добычи возрастает практически на 2 порядка.

В этом случае риски, как показано на рис 1., развиваются по сценарию В, что потребует корректировки объема ежегодных инспекций ФШ в сторону их увеличения для

обеспечения более высокого уровня отказоустойчивости этого компонента фонтанной арматуры.

### ОРГАНИЗАЦИЯ ИНСПЕКЦИЙ НА БАЗЕ АНАЛИЗА РИСКОВ (ИБАР)

Изложенные выше расчеты и рассуждения могут использоваться при организации инспекций на базе анализа рисков (ИБАР). Весь процесс организации и проведения инспекций в рамках такого инновационного подхода состоит из следующих этапов:

1. Анализ условий эксплуатации объектов ПДК и выявление основных иницирующих факторов их отказов.
2. Выявление наиболее уязвимых единиц оборудования, склонных к выходу из строя с использованием систематической базы данных аналогичного оборудования.
3. Подбор методов проведения инспекций объектов ПДК.
4. Оптимизация работы по инспектированию, тестированию и техническому обслуживанию объектов ПДК.
5. Обработка полученной информации и выявление аналитических или статистических зависимостей изменения работоспособности оборудования ПДК с учетом условий его эксплуатации.
6. Исключение непредвиденных отказов и повышение эксплуатационных показателей объектов ПДК.

При этом необходимо понимать, что планирование, исполнение и оценка эффективности ИБАР подводного оборудования не являются разовыми мероприятиями, а должны быть непрерывным процессом, в котором информация и данные полученные в процессе предыдущих работ по инспекции, обслуживанию и эксплуатации учитываются в ходе планирования последующих работ, как показано на рисунке 4.

В качестве критерия необходимости проведения ИБАР целесообразно использовать предельный уровень рисков (ПУР) (рисунок1) – это предел рисков, выше которых оператор не может продолжать эксплуатацию объекта, поскольку безопасность объекта становится критически низкой т.к. риски являются количественной характеристикой безопасности объекта. Эти уровни должны быть определены для каждого типа риска, подлежащего оценке. Поэтому можно постулировать, что ИБАР подводного оборудования количественно классифицирует риск с точки зрения безопасности как для окружающей среды,

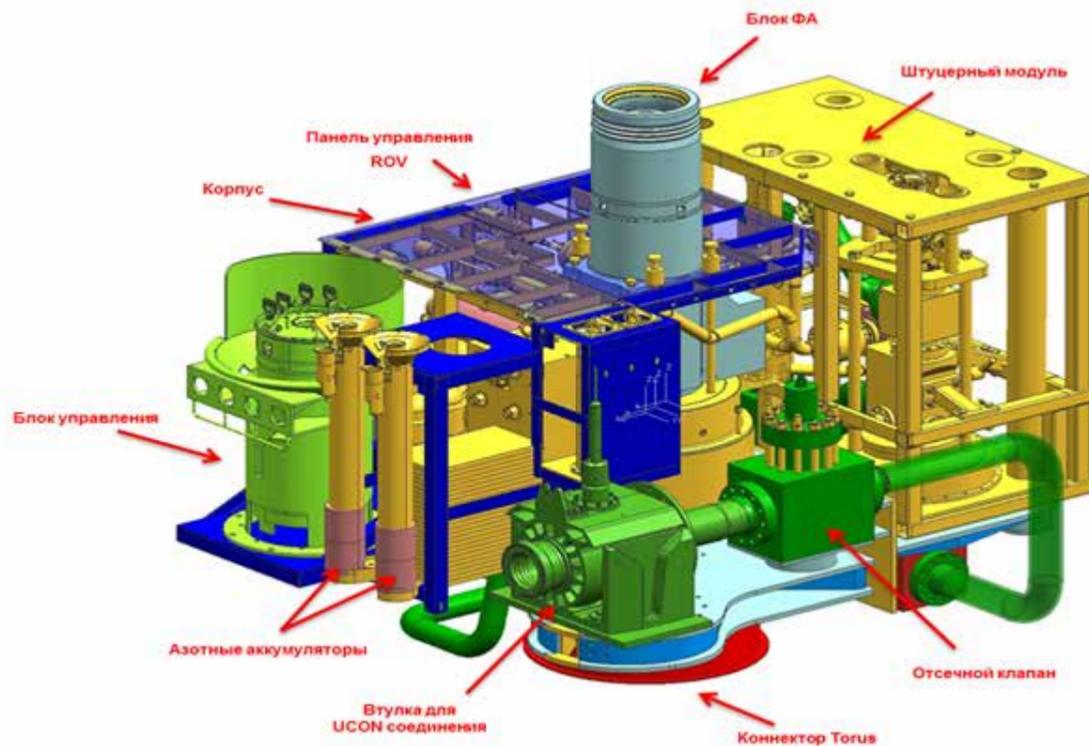


Рисунок 2 – Общий вид подводной фонтанной арматуры

ОЦЕНКА ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ИНСПЕКЦИИ (АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ)

ИНСПЕКЦИЯ И ИСПЫТАНИЕ (ИСПОЛНЕНИЕ И ОТЧЕТ)

ПЛАН ПРОВЕРОК



ПРОГРАММА ПРОВЕРКИ (МЕТОД, ЧАСТОТА, ОХВАТ, МЕСТО, ЗАТРАТЫ)

Рисунок 4 - Процесс управления ИБАР подводного оборудования

так и экономики. Как было отмечено выше, допустимый уровень безопасности зависит от продукта, технического состояния объекта и его местоположения. Если продукт токсичен для окружающей среды (жидкие углеводороды, метанол) и ПДК находится в экологически чувствительной зоне, то класс безопасности (предельный уровень риска) должен быть более высоким.

ПУР является критерием для определения времени проверки, которая должна проводиться до превышения заданного предельного уровня. Это позволит либо провести переоценку уровня риска на основе более точной информации, либо провести детальную оценку любого ущерба, либо своевременно произвести ремонт или замену поврежденного компонента оборудования.

Величина ПУР должна определяться для каждой категории ущерба и может базироваться как на предыдущем опыте, основанном на требованиях к проектированию, национальном законодательстве так и на текущем анализе рисков, который определяется вероятностным анализом технического состояния действующего подводного оборудования

Вообще, как показывает мировой опыт эксплуатации ПДК [4], благодаря быстрой реакции клапанов и датчиков, главный риск фонтанной арматуры или манифольдов сводится к экономическому ущербу от потери добычи или выходу из строя компонентов самой фонтанной арматуры или манифольдов.

На рисунке 5 показан процесс подготовки ИБАР, состоящий из следующих этапов:

- Сбор данных;
- Первоначальная оценка;
- Детальная оценка;
- Подготовка документов:
  - 1.Справочный план инспекции (СПИ);
  - 2.Справочный план технического обслуживания (СПТО).

Сбор информации является фундаментальной задачей в начале любого исследования ИБАР. Объем требуемой информации, зависит от уровня детальности оценки ИБАР. Для первоначальной оценки требуется лишь некоторая базовая информация. С повышением уровня оценки требуется больше документации и данных.

Для подготовки ИБАР, необходимы (перечень может быть расширен) следующие типы данных:

- Тип оборудования;
- Материалы конструкции;
- Данные об инспекциях, ремонтах, и заменах;
- Состав рабочей жидкости;
- Перечень жидкостей;
- Условия эксплуатации;
- Системы безопасности;
- Системы обнаружения;
- Механизмы, скорости и степень износа;
- Укомплектованность персоналом;
- Данные по покрытию, облицовке и изоляции;
- Затраты из-за простоев;
- Затраты на замену оборудования;
- Затраты на восстановление окружающей среды.

Первоначальная оценка текущего уровня рисков (ТУР) должна быть достаточно эффективной и качественной, но не требующей подробного описания фактического состояния оборудования. Во многих случаях этот уровень может быть наиболее подходящим для планирования инспекций, если отсутствует подробная информация или если выгоды от более дорогостоящей оценки являются незначительными. По сути дела, первоначальная оценка ТУР основана на методе аналогий, когда используются ретроспективные данные по отказам аналогичного оборудования на других проектах [5].

Более точная, детальная оценка выполняется на уровне отдельных компонентов обследуемого подводного оборудования. Проведя анализ причин их износа, можно получить результаты, которые обеспечат возможность разработать оптимизированный план инспекции. Это основное отличие от первоначальной оценки, которая рассматривает индивидуальное подводное оборудование как один целый компонент. Детальная оценка проводится на различных уровнях детализации с использованием передовых и точных моделей прогнозирования. Детальная оценка включает как детерминированную, так и вероятностную оценку вероятности отказа.

Итоговыми документами проведенной оценки текущего уровня рисков отказов являются Справочный план инспекции (СПИ) и Справочный план технического обслуживания (СПТО).

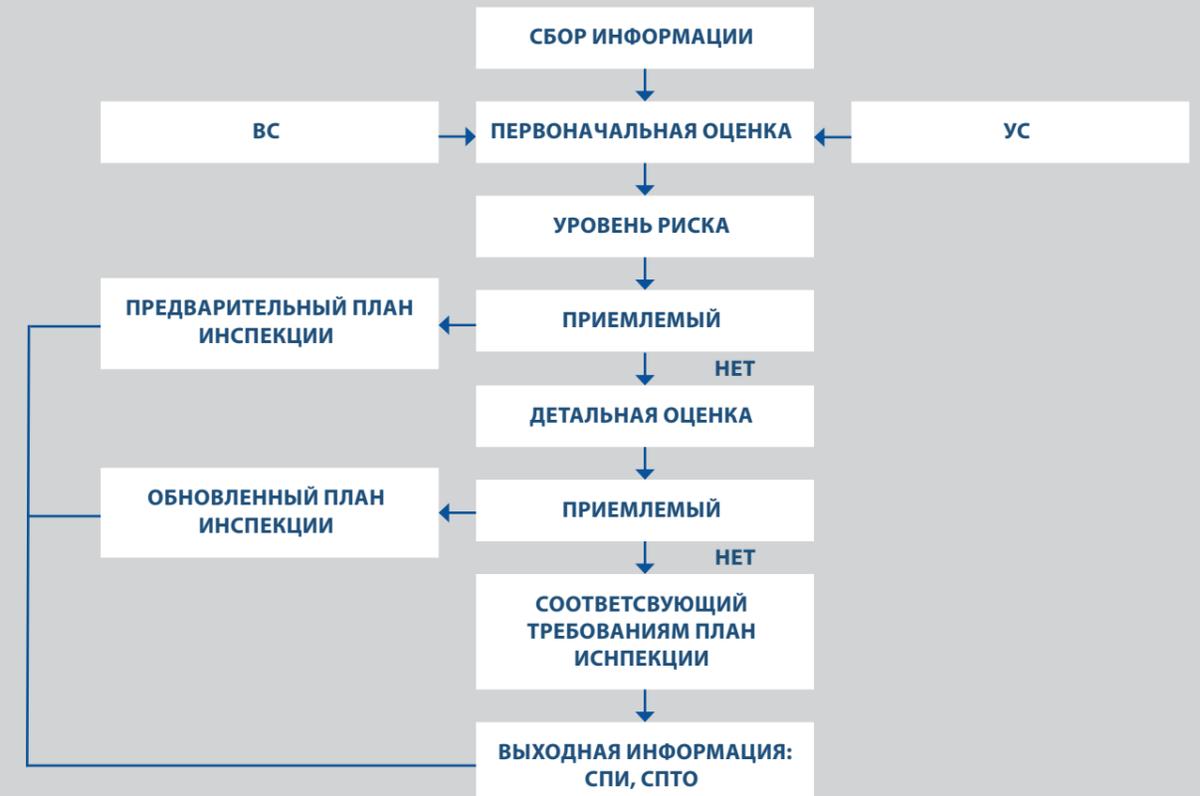
СПТО включает план действий по «высоко-рисковому»

ПОСЛЕДСТВИЯ ОТКАЗА

ВЕРоятНОСТЬ ОТКАЗА

КЛАССИФИКАЦИЯ РИСКОВ

Рисунок 5 - Рабочий процесс подготовки ИБАР подводного оборудования



компонентам оборудования, требующих периодического технического обслуживания. СПИ определяет способы внутренних мероприятий, чтобы продлить срок службы ПДК как единого объекта. СПИ - это документ, который описывает, как будет осуществляться первоначальная оценка ИБАР всего ПДК. Следуя СПИ, можно гарантировать, что сбои, которые могут произойти в подводных системах, будут решаться экономически эффективным образом и их вероятный ущерб будет находиться в приемлемых пределах.

Приведенные выше рассуждения имеют качественный характер и требуют дальнейших количественных обоснований для конкретного района российского шельфа.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инновационный подход к организации и проведению инспекционных и ремонтно-восстановительных работ на объектах подводно-добычных комплексов нефтегазовых месторождений с использованием анализа рисков позволяет оптимизировать эти работы путем выделения наиболее уязвимых компонентов оборудования ПДК, определения изменения во времени их показателей надежности с использованием статистических данных по отказам аналогичного оборудования и результатам предыдущих инспекций данного оборудования. В качестве критерия периодичности проведения ИБАР предложено использовать величину предельного риска отказа компонентов оборудования ПДК.

На примере анализа отказоустойчивости основных компонентов подводной фонтанной арматуры показано, что использование данных по надежности объектов ПДК

справочника OREDA позволяет в первом приближении определить тренды изменения их работоспособности, и таким образом, выделить наиболее уязвимые элементы ПДК.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Федеральный закон РФ №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
- 2.Корчагин, А. Б. Надежность технических систем и техногенный риск : учеб. пособие : в 2 ч. / А. Б. Корчагин, В. С. Сердюк, А. И. Бокарев. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2011. – 228 с. : ил.
- 3.Никитин Б.А., Харченко Ю.А., Оганов А.С., Богатырева Е.В. Освоение нефтегазовых месторождений континентального шельфа: Часть 1: Предынвестиционная и инвестиционная стадии/Б.А. Никитин, Ю.А. Харченко, А.С. Оганов, Е.В. Богатырева: Учебное пособие. – М.: Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2018. – 335 с.
- 4.Петренко В.А., Нуриев М.Ф., Шевелев М.Б., Семенов Ю.В., Шологин Р.А., Мотовилов В.Ю. Опыт разработки месторождения на шельфе Российской Федерации, оборудованного подводно-добычным комплексом/В.А. Петренко, М.Ф. Нуриев, М.Б. Шевелев, Ю.В. Семенов, Р.А. Шологин, В.Ю. Мотовилов// Газовая промышленность. – 2018. - №11. – 6 с.
- 5.OREDA: Offshore Reliability Data Handbook. Volume 2 – Subsea Equipment. SINTEF Technology and Society. – 2015. – 97 p.

# СОВРЕМЕННЫЙ И ЭКОНОМИЧНЫЙ СПОСОБ СОЕДИНЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ



Компания «МУФТЫ НСК» которая располагается в северной столице России, в течение нескольких лет прочно удерживает позиции флагмана в сфере производства средств для соединения и ремонта трубопроводов. Продукция, производимая компанией, востребована в различных отраслях промышленности, в частности, гражданского и военного судостроения. Основными партнерами компании являются: Выборгский судостроительный завод, Невский судостроительно-судоремонтный завод, «Северная верфь», Окская судовой верфь, Средне-Невский судостроительный завод, судовой верфь «Алмаз», судостроительный завод имени Б. Е. Бутомы, завод «Красное Сормово», верфь «Эмперум» и ряд других профильных научно-технических предприятий и организаций.



Муфты компании полностью замещают собой вышедшую с российского рынка зарубежную продукцию. С целью обеспечения растущих потребностей отечественных флотов и других отраслей компания «МУФТЫ НСК» заблаговременно на территории Ленинградской области строит новый производственный комплекс, предназначенный для изготовления муфт для трубопроводов. Площадь комплекса вместе со складскими помещениями составит 3000 квадратных метров. Административно-бытовой комплекс, сопряжённый с вышеуказанным, займёт площадь свыше 800 квадратных метров.

Сотрудники компании недавно разработали стенд нового поколения для огневых испытаний, который успешно прошёл все необходимые проверки и полностью эксплуатируется.

«МУФТЫ НСК» производит весьма широкий спектр муфтовых соединений различного назначения, заказчику зачастую бывает проще сразу выбрать изделия из имеющейся

номенклатуры. Линейка продукции обновляется регулярно. Это большой ассортимент соединительных муфт для трубопроводов различных типов, размерности, материалов, рабочих сред, условий и режимов эксплуатации.

Эксплуатационные характеристики продукции компании «МУФТЫ НСК» позволяют выдерживать четырёхкратное превышение нагрузки. Продукция компании имеет сертификаты Российского морского регистра и Российского классификационного общества, а также сертификат Санкт-Петербургской торгово-промышленной палаты о происхождении товара и заключение Минпромторга России о производстве продукции на территории России. В изготовлении муфт используются материалы и комплектующие российского происхождения, Предприятие регулярно и планомерно осуществляет научно-техническую модернизацию производства, что позволяет увеличивать ассортимент и объёмы выпуска продукции, тем самым создавая уверенные перспективы и возможности для роста.

## ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУФТ НСК



### УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ:

- соединение труб из разных материалов, в любых погодных условиях и без применения специального оборудования и материалов;
- компенсация осевых смещений и угловых отклонений труб при монтаже;
- возможность многократных циклов «монтаж-демонтаж».

### ПРОСТОТА МОНТАЖА И ЭКСПЛУАТАЦИИ

- упрощает контроль и техническое обслуживание;
- возможен монтаж в стеснённом пространстве;
- отсутствие сварочных и огневых работ;
- значительное сокращение времени монтажа.



### ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

- сокращение трудозатрат на монтаж трубопровода;
- значительное сокращение веса трубопровода;
- снижение затрат на эксплуатацию, обслуживание и ремонт трубопровода;
- длительный срок службы без дополнительных затрат на обслуживание соединения.

### НАДЁЖНОСТЬ

- 4-кратный запас прочности по давлению\*
- устойчивость к вибрациям и механическим воздействиям
- устойчивость к агрессивным средам

\* для муфт морского и речного исполнения



# НПО «АВРОРА»: НАУКА И ТЕХНИКА ОБЕСПЕЧИВАЮТ ФЛОТ РОССИИ



АО «Концерн «НПО «Аврора» сегодня представляет собой уникальный комплекс, обеспечивающий научные исследования, проектирование, изготовление, испытания и поддержку эксплуатации автоматизированных систем обеспечивающих флот России.



Основными видами деятельности концерна являются разработка, изготовление, поставка сервисное обслуживание и ремонт:

- автоматизированных систем управления техническими средствами, боевых информационно-управляющих систем для надводных кораблей, подводных лодок, подводных аппаратов, морских и речных судов всех типов и классов;
- тренажеров для обучения экипажей кораблей и судов различного назначения, подводных аппаратов;
- систем управления ядерными, газотурбинными, дизельными и другими видами энергетических установок;
- автоматизированных систем управления производственными, технологическими и энергетическими объектами, объектами транспорта и портовыми сооружениями, технологическими процессами добычи, переработки и транспортировки нефти и газа.

Для повышения конкурентной способности продукции, снижения цен при сохранении высоких качественных характеристик, повышения эффективности процессов управления, в концерне внедрены современные технологии проектирования, включающие системы управления проектами, системы автоматизированного проектирования и другие.

Предприятие обеспечивает повышение квалификации своих работников по основным направлениям деятельности и подготовку научных кадров. На базе АО «НПО «Аврора» действует диссертационный совет.

На предприятии создан Центр сервиса и экспорта, осуществляющий гарантийное и послегарантийное обслуживание систем и комплексов в процессе их эксплуатации.

Начиная с 2016 года в АО «Концерн «НПО «Аврора» создается автономный необитаемый подводный аппарат (АНПА) легкого класса на основе программно-модульной платформы. Такой подход позволяет на базе унифицированных технических решений комплектовать морской подводный роботизированный комплекс различными функциональными отсеками под конкретные задачи: поисковые, поисково-обследовательские, измерительные и т.д.

В настоящее время АО «Концерн «НПО «Аврора» разрабатывает и поставляет интегрированные комплексы систем управления, включающее интегрированные мостиковые системы (комплексные морские системы) для речных и морских судов различных классов.

В 2024 году ведущие эксперты концерна приняли участие в работе Межведомственного экспертного совета по безопасности морских подводных трубопроводов и объектов. Наиболее актуальной стала тема развития отечественных беспилотных систем и робототехнических комплексов. Инженерная группа экспертов научно-производственного концерна «Аврора» вошла в состав рабочей группы МЭС по данной тематике.

Материал подготовлен по источникам <https://www.avrorasystems.com/ru/>

# РАБОЧАЯ ГРУППА МЭС ПО ПОДВОДНЫМ БЕСПИЛОТНЫМ СИСТЕМАМ – ВЫЕЗДНАЯ СЕССИЯ. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ



Апрель, 2024г., г. Санкт-Петербург. «Концерн «НПО «Аврора». На базе стендово-испытательных мощностей АО «Концерн «НПО «Аврора» прошла выездная сессия рабочей группы по подводным беспилотным системам, робототехническим комплексам и сопутствующим технологиям Межведомственного Экспертного Совета (МЭС) по безопасности морских подводных трубопроводов под руководством заместителя председателя МЭС Лещенко Виктора Викторовича.

В деятельности рабочей группы приняли участие эксперты:

- ПАО «ГАЗПРОМ»,
- АО «Концерн «НПО «Аврора»,
- ФГБОУ ВО СПбГМТУ,
- АО «НПП ПТ «Океанос».

Рабочая группа ознакомилась с практическими результатами развития техники и технологий морских подводных робототехнических систем и комплексов.

Участникам впервые был продемонстрирован модельный ряд действующих образцов автономных и гибридных необитаемых подводных аппаратов модульной конструкции типа «РИФ» разработки и производства АО «Концерн «НПО «Аврора». Эти аппараты оснащены энергетическими системами различного генезиса, включая отечественную воздушно-независимую энергетическую установку, а также целым спектром исключительно отечественных модульных отсеков полезных нагрузок: гидроакустический поиск, связь и навигация, оптические системы обнаружения и идентификации, автоматизированный манипуляторный комплекс.

Рабочей группе впервые были представлены разработки в области искусственного интеллекта на базе отечественного автономного подводного манипуляторного комплекса (с когнитивным типом системы автоматического управления) для установки на автономные, телеуправляемые и гибридные необитаемые подводные аппараты классического и резидентного исполнения. Работы ведутся АО «НПП ПТ «Оке-



анос» в содружестве с СПбГМТУ и являются следующим шагом в развитии технологий, апробированных ранее на демонстраторе технологий интервенционного автономного подводного необитаемого аппарата типа ЛИ АНПА.

Отличительная особенность демонстрируемых разработок - применение 100% отечественного ПО, начиная с операционных систем и заканчивая прикладными полнофункциональными программными модулями для подготовки и эмулирования автономных миссий необитаемых аппаратов «на суше», а также обеспечивающих адаптивность систем автоматического управления необитаемых подводных аппаратов и/или их отдельных подсистем (манипуляторных комплексов, сенсорики и т.п.) непосредственно в ходе одиночной или групповой миссии.

По результатам выездной сессии отмечена своевременность и актуальность практических результатов продемонстрированных работ, обеспечивающих парадигму комплексной, межведомственной реализации доктрин цифровизации и роботизации. Намечен конкретный план взаимодействия, в частности позволяющий обеспечить решение текущей проблематики эксплуатации морских подводных трубопроводов в районах с сложными ледовыми условиями по перспективным направлениям, соответствующим общемировым тенденциям развития подводных технологий.

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СКВАЖИН – ПРОРЫВ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



Интервью с заслуженным работником нефтяной и газовой промышленности РФ, директором «НОВЫЕ СКВАЖИННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» Бикиняевым Равилем Ахияровичем.



ООО «НОВЫЕ СКВАЖИННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

- Уважаемый Равиль Ахиярович в чем Вы видите главную составляющую успеха работы Вашей инновационной компании?

- Понимая, по сути, некоторую отдаленность характера занимаемой нашим предприятием «НОВЫЕ СКВАЖИННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» производственной деятельности и сущностью морской науки и техники приходим к выводу, что в масштабных проектах, в том числе и государственных, в любом случае надо изначально опираться на кадры.

По опыту работы нашего предприятия при разработке и внедрению новых технологий, именно направленных на восстановление и улучшение работоспособности скважин любого назначения, считаю важным отметить, что успех обеспечен, когда специалист знает досконально все скважинные процессы, в том числе, как в статике, так и в динамике.

- Могли бы Вы назвать, результаты примеры такой профессиональной слаженной работы?

- Сегодня мы с гордостью можем отметить, что разработанное нашими специалистами отечественное оборудование по заданию заказчика - ООО «Газпром», успешно сработало на скважинах Астраханского ГКМ. Это в тяжелых условиях сероводородной агрессии оборудование успешно отработало при сплошном фрезеровании 35 метров перфорированного интервала эксплуатационной колонны на глубине 4000 м.

На этом же месторождении другое оборудование, наше, как говорится, смогло успешно отфрезеровать параллельно, впервые в отечественной практике, одновременно уже 2 колонны (178 и 245 мм), на 3-х участках скважины по 10 метров. Это сделано на нашем родном, отечественном оборудовании и никакого импорта!

- Есть ли еще какие-нибудь технические достижения у Вашей компании?

- У нас на вооружении есть и успешно отработанная на

сотнях скважин технология кардинального отсечения водопритока в продуктивные пласты, то есть резкое снижение обводненности добывающих скважин. Это когда сплошно отфрезеровывается участок уже практически не нужной ЭК, более того препятствующей водоизоляции и после расширения ствола в этом интервале устанавливается цементный мост с расширяющими добавками.

- Расскажите пожалуйста об эксклюзивном нововведении, применяемом вами для ликвидации негерметичности?

- Ни для кого не секрет, что немало полезных отечественных разработок, не найдя возможности опробоваться на производственных объектах, зачастую по причине элементарного «инженерного тугоумия» ответственных руководителей, так и остаются пылиться на полках. Одним из таких наших инженерных разработок до недавних пор являлось применение «расширяемой летучки» для ликвидации негерметичности ЭК в скважинах. Однако же смогли убедить руководителей-нефтяников Татарии и ООО «РН-Пурнефтегаз», о, так сказать полезности данного инженерного решения. Кстати, надо сказать, что над решением этой проблемы занимались лучшие профессорские умы нефтяников Татарии. Дело стронулось с мертвой точки!

- В целом Ваша компания занимается больше обеспечением эксплуатации скважин или профилактикой аварийных ситуаций?

Мы осуществляем инженерные услуги по ликвидации аварий и инцидентов на скважинах с собственным поставляемым оборудованием, предоставлением верхних приводов.

В процессе производственной деятельности приходилось решать и неординарные задачи.

Например: в ООО «РН-Пурнефтегаз» имеется немало по размерам Комсомольское нефтегазовое месторождение. В длину 40км. и ширину 20км. Как выяснилось, данное месторождение из-за не восполняемого отбора ООО «Газпром» газа из сводовой части, начало проседать. Надо иметь ввиду, что нефть из нижележащих пластов отбирается другим недропользователем ОАО НК «Роснефть», а это более чем 600 скважин. Соответственно эти скважины конструктивно из-за проседания месторождения (на сегодня уже более чем 3метра) начали выходить из строя. С этой непонятной, а на деле простой ситуацией разобрались наши специалисты и совместно с руководителями ООО «РН-Пурнефтегаз» нашли выход из этой неординарной ситуации.

*Вот так вот интересно живем и работаем!*

АО «ПТС» является ведущим Российским производителем и поставщиком дыхательных аппаратов со сжатым воздухом, изолирующих дыхательных аппаратов со сжатым кислородом, специальной защитной одежды, водолазного снаряжения, тренажерных комплексов для пожарных и спасателей, компрессоров высокого давления, металлокомпозитных и стальных баллонов со сжатым воздухом, а также другого аварийно-спасательного, пожарно-технического и специального оборудования!



### Снаряжение водолазное вентилируемое СВС – 20М

Комплекс технических средств, обеспечивающих жизнедеятельность человека при проведении водолазных спусков и работ на глубины до 60 м.





# СУДА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ – РЕАЛИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ МЕЖВЕДОМСТВЕННОГО ЭКСПЕРТНОГО СОВЕТА ПО БЕЗОПАСНОСТИ МПТ И ОБЪЕКТОВ, ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР «НТЦ «НЕФТЕГАЗДИАГНОСТИКА», КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК ЛЕЩЕНКО ВИКТОР ВИКТОРОВИЧ.**

В настоящее время ситуация с обеспечением безопасной эксплуатации морских подводных трубопроводов (МПТ) и объектов значительно усложнилась. Техногенные факторы дополнились угрозами террористического воздействия. Международные гарантии и договорённости не работают, правовое поле практически полностью разрушено. В этой ситуации особенно актуальным становится формирование собственной системы реагирования на опасности и обеспечения целостности труб.

В связи с этим **Межведомственный экспертный совет по безопасности подводных трубопроводов и объектов (МЭС)** совместно с группой экспертов и Департаментом судостроительной промышленности и морской техники Минпромторга России проводит активную работу по концептуальной разработке проектов серии судов специального назначения для ремонта МПТ, обеспечения безопасности подводной инфраструктуры. Очевидно, что для каждого региона требования к подобным судам существенно разнятся.

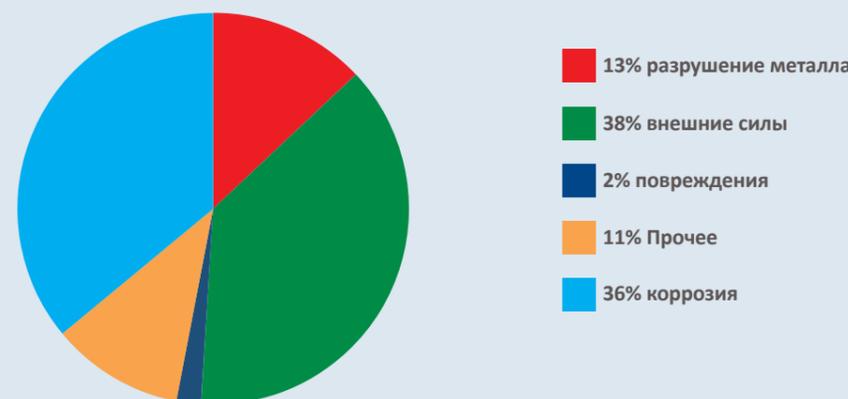


ДИАГРАММА 1. ПРИЧИНЫ И УЩЕРБЫ ОТ АВАРИЙ МПТ

Для акватории Каспийского моря требования были сформулированы следующим образом:

### АНАЛИЗ НЕОБХОДИМОЙ ОСНАЩЕННОСТИ СПЕЦ.СУДНА

#### Выполняемые задачи:

- Позиционирование и стабилизация судна на точке;
- Размыв грунта/ликвидация фриспанов (отсыпка гравием/укладка мешков с песком);
- Обеспечение водолазных работ;
- Обеспечение работ ROW (ТНПА);
- Гидрографические работы;
- Постановка боновых заграждений.

#### Функционал:

- Выполнение всего цикла ремонтных и регламентных операций за один выход для любых видов ремонта;
- Возможность длительных переходов/смены региона работ;
- Возможность работы на разных операторах;
- Универсальность, возможность выполнения иных операций.

#### Дополнительные операции:

- Гидрографические работы;
- Водолазное обеспечение;
- Постановка боновых заграждений;
- Транспортные/спасательные операции;
- Вспомогательные работы;
- Патрулирование/дежурство.

#### Специфика региона эксплуатации судов:

- Каспий/Балтика/Азовское море;
- Черное море;
- Сахалин/Северные моря (ледовый класс, глубины, ROW).

#### Состав оборудования:

- DP2/трех-четырёхточечное раскрепление якорей;
- Достаточный размер палубы;
- ГПМ;
- Погружной насос, гидромонитор;

- Система подвеса внешнего грунтососа;
- Траловая лебедка, для буксируемого оборудования (геодезия);
- ROW (ТНПА/LARS/Контейнер управления).

#### Требования к оборудованию:

- Кран/(оффшорный) – 3-5 тонн;
- Палуба: под 2-4 20футовых контейнера плюс рабочая зона ~ 5\*10 м;
- Место для хранения шлангов и бонов;
- П-рама для погружного грунтососа (1,5-3т);
- Электрика 150-300 кВт;
- Каюты на 5-15 чел. (без учета экипажа);
- Автономность от 3-5 недель;
- Мореходность/ледовый класс.

#### Облик судна:

- Компактное, хорошо оснащенное судно;
- Водоизмещение 1500-2000т;
- Тип: Рыбак, ТБС, возможно катамаран.

Все эти параметры и требования к судам выработаны на основании многолетнего опыта проведения ремонтов подводных трубопроводов и подводной инфраструктуры нефтегазодобычи, проведения подводно-технических работ, ликвидации многочисленных разноплановых аварийных ситуаций высокопрофессиональной инженерной командой научно-технического центра «НЕФТЕГАЗДИАГНОСТИКА». С их учетом в 2024 году создан пилотный вариант серии подобных судов.

В настоящее время судно «НЕПТУН» (порт приписки – Астрахань), оборудованное при технической поддержке ЦНИИ «КУРС» и при информационно-консультативном участии Департамента судостроительной промышленности и морской техники Минпромторга России успешно осуществляет работы по ремонту и восстановлению целостности и работоспособности объектов нефтегазовых транспортных систем в Каспийском море.

Данная работа создает основу системного подхода к решению актуальных задач по обеспечению безопасности отечественных транспортных подводных систем.

## СПЕЦИАЛЬНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ СУДНО «НЕПТУН»



Аварийно-спасательное пожарное судно «НЕПТУН» — это пилотный проект судна специального назначения по обслуживанию и ремонту МПТ, позиционируется как экспериментальная научно-техническая площадка для внедрения современного инновационного оборудования используемого в обеспечении безопасности морских подводных систем и сооружений. Работы проводятся при информационно-консультативном участии Межведомственного экспертного совета по безопасности МПТ и объектов, отдела морской техники, технического регулирования и интеллектуальной собственности департамента судостроительной промышленности и морской техники Минпромторга России.

О модернизации и технических возможностях судна рассказал главный специалист по водолазным работам, эксперт Межведомственного экспертного совета по безопасности МПТ и объектов Александр Рафаилович Булатов.

Судно изначально было оснащено как пожарное, у него штатное ДПЖ Н14, насосы, которые сами по себе обладают огромной мощностью. Они стоят в пожарном отделении, стационарно, ниже ватерлинии, им легко закачивать воду, у них очень хорошие характеристики для эжекторов, это классические средства, которые применяются у нас водолазами. Эжекторы — это устройства имеющие выкидной шланг на 100-150 мм., этого явно недостаточно для проведения работ, в основном это средства малой механизации, которое приводит к длительному выполнению работ.

Мы спроектировали и изготовили специальный авторский эжектор. В расчет были взяты производительность давления ДПЖ Н14 напорных пожарных насосов. Он отличается от классических, тем что у него круговой и центральный разрыв, а также он применяется у нас в России. Вся остальная эжекторная часть, как и у всех.

Эжектор не может нанести трубе никакого вреда. Мы выбрали оптимальный компромиссный вариант, приемлемый для нас, как по производительности по грунту, так и по массогабаритным характеристикам и мощности двигателя. Насос на 55 КВ. Производительность 450 кубов. Установлены две фрезы, которые предварительно рыхлят грунт, что тоже очень хорошо, так как на Каспии грунты глинистые, твердые и плотные.

Судно «Нептун» прошло модернизацию. Была удалена мачта, очень высокая, для тушения пожара и подачи воды с высоты, которая в нашем случае не нужна. За счет удаления мачты был опущен центр тяжести. В корме установлена П-рама, с которой будут работать погружной насос и эжектор.

П-рама будет работать в паре с лебедкой, которая установлена в корме по диаметральной плоскости. Судно будет позиционироваться на 4 якорях. Дополнительно установлена лебедка в корме по левому борту. В носу по левому, правому борту и в корме стоят штатные шпильки, которые будут использоваться для перемещения судна над объектом, то есть местом работы. Судно будет выставляться гораздо быстрее, потому как опускание якорей будет производиться с борта «Нептуна», далее концы будут выводиться с якорей с помощью катера.

Наш подход — это два пути. Мы не надеемся только на эжек-



тор, в дополнении у нас в готовности погружной электрический насос. Что - то сломалось, а мы имеем возможность работать другим. Соответственно техническая живучесть у нас выше. Судно «Нептун», как никакое другое подходит для работ по обеспечению эксплуатации и ремонта морских подводных трубопроводов и объектов в акватории Каспийского моря.



## КБ ОСК «РУБИН» ПРЕДСТАВЛЯЕТ ПОДВОДНОГО РОБОТА-ДОСТАВЩИКА РАЗЛИЧНЫХ ПОЛЕЗНЫХ НАГРУЗОК

КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО ОСК «РУБИН» ПРЕДСТАВИЛО НА ВЫСТАВКЕ «АРМИЯ-24» МОДЕЛЬ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА «КИТ-3000».



«КИТ» - аппарат рабочего класса. Он доставит с поверхности оборудование и установит в заданной точке. С помощью двух манипуляторов «КИТ» выполнит монтажные работы, протянет электрический кабель и подключит его; переключит систему транспортировки нефти и газа.

Максимально автоматизированное управление упрощает работу оператора. В частности, заданную глубину и курс аппарата во многом держит самостоятельно.

У манипуляторов «КИТа» сменные захваты, что позволяет аппарату выполнять широкий круг работ. Под водой «КИТ» может резать и сваривать трубы, чистить инфраструктуру от обрастания и заиливания, устанавливая вакуумные якоря, которые удержат крупные подводные сооружения; перекусывать кабели и тросы. Видеокамеры высокого разрешения и сверхмощные светодиодные светильники обеспечивают работу в условиях полного отсутствия солнечного света.

Тем самым «КИТ» полезен в подводном строительстве, обслуживании морских трубопроводов, буровых и добычных платформ; готов к применению в поисково-спасательных операциях. Глубина его погружения — до трех километров.

«КИТ» может быть помощником в научных исследованиях. Его манипуляторы соберут со дна в съемную корзину аппарата образцы полиметаллических конкреций и биологические образцы.

Длина аппарата — около трех метров, ширина — около 1,8 метра, высота — чуть больше двух метров. «КИТ» транспортируется в стандартном 20-футовом контейнере. Композиционные материалы в составе аппарата позволили снизить его массу до пяти тонн. «КИТ» спроектирован с помощью 3D моделирования, что существенно упрощает процесс его изготовления.

# «ОКБ НЕФТЕГАЗДИАГНОСТИКА» – ЭФФЕКТИВНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОНСТРУКТОРСКОГО ОТДЕЛА И ПРОИЗВОДСТВА: ПУТЬ К УСПЕХУ



В наше время, когда перед страной стоит задача ускоренного промышленного развития новых технологий и импортозамещения, эффективное взаимодействие между конструкторским отделом и производством становится ключевым фактором успеха. Одним из ярких примеров такого подхода является «ОКБ Нефтегаздиагностика» — конструкторское бюро полного цикла.

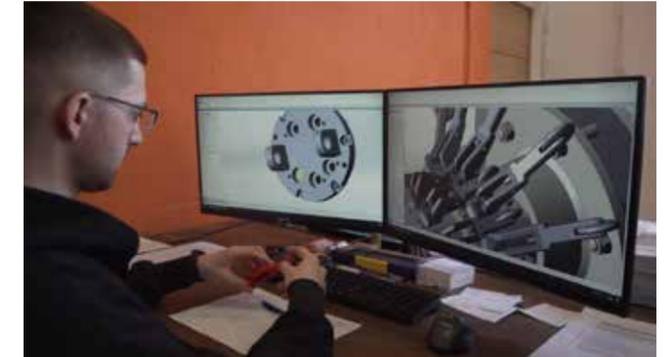
## ЗАРОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО

Конструкторское бюро «ОКБ Нефтегаздиагностика» начало свой путь внутри материнской компании «НТЦ «Нефтегаздиагностика» с целью разработки и производства передового, высокотехнологичного диагностического оборудования для нефтегазовой отрасли. На первом этапе основной акцент делался на проработке конструкции оборудования, разработке схемотехники и электронных компонентов, в то время как изготовление металлических элементов передавалось сторонним организациям.

Этот подход позволял минимизировать первоначальные инвестиции в производство, однако имел свои недостатки, такие как задержки в производственном процессе, вызванные необходимостью контроля сторонних поставщиков и внесения изменений после испытаний. Это особенно остро ощущалось при производстве единичного и мелкосерийного оборудования.

## ИНТЕГРАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКОГО ОТДЕЛА И ПРОИЗВОДСТВА

Осознав необходимость более тесной интеграции между разработкой и производством, было принято решение



о создании собственного производства и выделении конструкторского отдела в самостоятельную компанию. Теперь конструкторы и инженеры работают в непосредственной близости от производственных мощностей, что позволило ускорить процессы разработки и производства. Благодаря тесному взаимодействию конструкторов по механике, электронике с технологом и операторами ЧПУ станков, изделия создаются с минимальными задержками. важ

Каждое устройство проходит вытестирование для подтверждения его надежности и соответствия эксплуатационным требованиям. Помимо работы в нефтегазовой отрасли, мы также принимаем сторонние заказы.

## РЕШЕНИЕ ДЛЯ МОСКОВСКИХ ЭЛЕКТРОБУСОВ

Недавно к нам обратился заказчик с проблемой в электродвигателях немецкого производства для московских электробусов. Механическая неисправность — разбивалось посадочное место вала, что снижало ресурс техники. Наша команда оперативно разработала ремкомплект для устранения этой проблемы. В скором времени московские электробусы могут начать использовать эти ремкомплекты, что повысит их надежность и продлит срок службы.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Организация эффективных производственных процессов и высокая квалификация сотрудников позволяют «ОКБ Нефтегаздиагностика» успешно выполнять заказы для различных отраслей. Молодой коллектив, инновационные технологии и современное оборудование обеспечивают компании конкурентоспособность как на отечественном, так и на международном рынках.

Мы открыты для внешних заказов на разработку и производство оборудования, включая электронные платы, управляющее ПО, системы с нейросетями и многослойные платы. Также занимаемся изготовлением аккумуляторных сборок и реверс-инжинирингом.

С уважением,  
Генеральный директор «ОКБ Нефтегаздиагностика»  
Тимофей Лещенко  
okbngd.ru  
Москва, ул. Электровзаводская 21  
work@okbngd.ru  
+7(495)233-59-59



## МОЛОДАЯ КОМАНДА С АМБИЦИОЗНЫМИ ЦЕЛЯМИ

Особенность конструкторского отдела «ОКБ Нефтегаздиагностика» заключается в том, что это молодой коллектив, основная часть которого — специалисты до 35 лет. Молодежь активно внедряет современные подходы и технологии в процесс разработки, что помогает компании быть в числе лидеров технологического прогресса. Главная задача нашей команды — разработка высоконагруженных устройств для диагностики нефтегазовых трубопроводов, что требует особого внимания к деталям и качеству. Например внутритрубные снаряды, движущиеся по трубе с потоком продукта и сканирующие её изнутри, должны быть защищены от высокого давления, иметь виброустойчивую электронику, прочный корпус, мощную батарею и записывать качественное изображение структуры металла. Застревание внутритрубного снаряда в подводном трубопроводе может привести к убыткам в миллиарды, по этому разработка таких устройств требует высокой квалификации и научного подхода.

## РАСШИРЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Наше производство расположено в центре Москвы, на площадях исторического здания Электровзавода. Мы активно работаем с металлами различного типа, включая нержавеющую сталь, титан, алюминий и медь. Значительное внимание уделяется современным технологиям, таким как аддитивная печать и 3D-сканирование.

# ЗАО «СПЕЦСУДОПРОЕКТ» – ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО ОТВЕЧАЕТ НА ВЫЗОВЫ СОВРЕМЕННОГО СУДОСТРОЕНИЯ

В постсоветское время судостроение в значительной мере вынуждено подстраиваться под быстро меняющиеся реалии экономики. В этих условиях серийное строительство ощутимо редуцировалось. Судостроительные заводы, для пополнения производственной программы были вынуждены брать за строительство различных, в том числе несвойственных ему единичных заказов. Как следствие завод вынужден налаживать партнерские взаимоотношения с различными проектными бюро на короткий период строительства того или иного заказа.

Хорошим исключением из правил, в настоящее время, стало тесное взаимодействие ПАО Судостроительная Фирма «Алмаз» и проектного бюро ЗАО «Спецсудопроект» в рамках проектов 02690 и 22120.

Взаимодействие ПАО СФ «Алмаз» и ЗАО «Спецсудопроект» началось с получения в 2013 году государственного заказа на строительство самоходных плавучих кранов проекта 02690. Для ПАО СФ «Алмаз» это был, пожалуй, первый крупный серийный заказ на строительство уже не боевых кораблей, а судов обеспечения для вспомогательного флота ВМФ. На настоящий момент заказчику передано уже 13 единиц данного проекта.

Интересна история взаимодействия ПАО СФ «Алмаз» и ЗАО «Спецсудопроект» по проекту 22120. С 2006 проект

22120 изначально создавался в другом ПКБ, как судно ледового класса для нужд ФТС России. Позднее было принято решение о строительстве кораблей данного проекта для нужд Пограничной службы ФСБ России (ПС ФСБ России). Для обновления корабельного состава кораблями этого проекта по требованию ПС ФСБ России проект необходимо было существенно переработать.

И здесь ПАО СФ «Алмаз» имея уже богатый опыт взаимодействия с ЗАО «Спецсудопроект» по строительству самоходных плавучих кранов проекта 02690 предложило выступить ЗАО «Спецсудопроект» в качестве предприятия-проектанта. Проект был существенно изменен и в целом стал отвечать всем предъявляемым ПС ФСБ России требованиям к патрульному кораблю. Особое внимание было уделено мореходным качествам и вооружению корабля. В 2018 году проект 22120 был переклассифицирован из пограничного патрульного судна в пограничный патрульный корабль 2 ранга. На настоящий момент заказчику передано 8 кораблей данного проекта. Еще два заказа спущены на воду и на них ведутся достроечные работы.

В этих условиях, вновь, как никогда стало заметным положительное влияние хорошо налаженных партнерских отношений предприятия-проектанта и завода-строителя.

Наиболее заметно это при решении сложных производ-



Проект 22120 проектант ЗАО «Спецсудопроект»

ственных задач, выбивающих завод из процесса ритмичной работы. Например, в результате действующих санкций, завод вынужден был провести замену ряда импортного оборудования, примененного ранее, прямо в ходе строительства. В этой непростой ситуации ЗАО «Спецсудопроект» взяло на себя ряд обязательств, позволяющих быстро и с наименьшими издержками откорректировать документацию внося изменения в технический проект с учетом пожеланий завода. Такой подход позволил заводу строителю СФ «Алмаз» избежать простоя и продолжить строительство без срыва сроков государственного контракта.

При таком уровне взаимодействия и уровне обоюдного доверия завод-строитель смог провести контрактацию и выполнить закупку нового оборудования, с учетом оперативной корректировки документации ЗАО «Спецсудопроект», продолжить строительство без простоя и как следствие срыва Государственного оборонного заказа.

Подобного рода долгосрочные партнерские отношения, основанные на взаимном доверии, будут благотворно влиять на все последующие заказы. Перспективы здесь видны не вооруженным глазом. Планируется к строительству серия более 10 современных буксиров проекта 04900.

У проекта 04900 есть ещё одна особенность, он разработан ЗАО «Спецсудопроект» за счет собственных средств, без привлечения финансирования со стороны Минобороны Российской Федерации. И мы считаем это своим своевременным вкладом в укрепление обороноспособности нашей Родины.

Серию буксиров проекта 04900 ждет славное будущее, в данном случае с учетом досконального знания возможностей друг друга будут определены реальные сроки, выявлены ключевые этапы строительства и под них организован выпуск требуемой документации, которая уже заранее будет адаптирована под давно знакомые технологии, применяемые заводом в ходе строительства.

Одновременно сократятся расходы на техническое сопровождение за счет исключения излишних и зачастую необоснованных вопросов проектанту, для урегулирования с которыми тратятся так необходимое время и ресурсы.

Многие процессы строительства можно будет вести параллельно друг другу за счет чего понизится вероятность сдвига сроков в право и будет сокращено общее время строительства заказа.

При возникновении вопроса в ходе строительства заказа, после принятия решения по его устранению, решение незамедлительно запускается в работу производственным заданием, а параллельно ведется корректировка рабочей конструкторской и заводской технологической документации. Таким образом завод не ждет оформления РКД, а продолжает циклично работать в соответствии с производственным графиком, получая откорректированную установленным порядком документацию до момента предъявления заказчику.

При подобном подходе, основанном на обоюдном доверии, в ходе строительства подобной крупной серии можно легко и с наименьшими издержками проводить модернизацию последующих заказов.

Модернизация в ходе большой серии неизбежна, не только в следствии потребности в замене на более современное оборудование, в том числе разрабатываемое в рамках импортозамещения, но и для отработки замечаний и пожеланий экипажей, возникших в ходе реальной эксплуатации.

В этом случае модернизация будет положительно сказываться на удовлетворенности Заказчика и развитии судостроительной промышленности в целом, позволяя применять лучшие инженерные решения, отработанные на практике и самое современное оборудование, на последующих заказах.

Технические решения, заложенные в проект рейдового буксира проекта 04900 позволяют с легкостью создавать



Проект 22120 проектант ЗАО «Спецсудопроект»

*В реальных условиях эксплуатации при выполнении буксировочных и швартовных операций в порту буксир может работать 2-3 часа, используя только энергию аккумуляторных батарей, после чего его необходимо подзарядить. Подзарядку аккумуляторных батарей он будет делать до трех раз в день, что будет обеспечивать работу аккумуляторов в течение 25 000 циклов. При трех циклах зарядки-разрядки в день срок службы АКБ может составить более 20 лет.*



Проект 04900 проектант ЗАО «Спецсудопроект»

применения в судостроении, то суда «на батарейках» это пока еще из области «ноу хау» в области судостроения.

Выполненные в последнее время разработки в сфере производства промышленных аккумуляторов в значительной мере позволили уменьшить габариты, а, следовательно, увеличить предполагаемую полезную нагрузку судна. При этом сохраняется высокая плотность энергии и длительный период автономного функционирования в широком диапазоне температур. Данные проработки производителей аккумуляторных батарей позволяют всерьез рассматривать применение их продукции в качестве систем движения в судостроении даже с учетом широкой географии предполагаемых районов эксплуатации буксиров.

В реальных условиях эксплуатации при выполнении буксировочных и швартовных операций в порту буксир может работать 2-3 часа, используя только энергию аккумуляторных батарей, после чего его необходимо подзарядить. Подзарядку аккумуляторных батарей он будет делать до трех раз в день, что будет обеспечивать работу аккумуляторов в течение 25 000 циклов. При трех циклах зарядки-разрядки в день срок службы АКБ может составить более 20 лет.

Применение в схеме электропитания дизель-генератора малой мощности способного на плаву обеспечивать подзарядку группы аккумуляторных батарей и обеспечить при необходимости «живучесть» судна, на наш взгляд, существенно повысит привлекательность предлагаемого технического решения и повысит его востребованность и реализуемость.

В настоящее время проработана комплектация на основе применения комплектующих производства КНР, продолжают проработки по поиску отечественных поставщиков для реализации проекта на комплектующих отечественных производителей.

ЗАО «Спецсудопроект» ищет заказчиков готовых оценить перспективу создания флота буксиров на электродвижении с применением литий-ионных аккумуляторных батарей.

Надеемся, что взаимодействие завода строителя ПАО СФ Алмаз и проектного бюро ЗАО «Спецсудопроект» будет развиваться и в этом направлении.

ПАО СФ Алмаз и ЗАО «Спецсудопроект» ищут новые точки приложения накопленного опыта в создании морской техники и готовы реализовать запросы любого потенциального заказчика.



Проект 04900 проектант ЗАО «Спецсудопроект»

на его базе типоряд буксиров с дизельной энергетической установкой мощностью до 2.5 кВт с тяговым усилием до 35 тонн без существенных доработок проекта.

ЗАО «Спецсудопроект» прорабатывает возможность применения системы электродвижения с использованием в качестве источников электроэнергии аккумуляторных батарей. Использование в качестве источника энергии аккумуляторных батарей, как альтернативного источника движения ЗАО «Спецсудопроект» считает одним из перспективных направлений в создании судов.

Применение систем электродвижения позволят в значительной мере экономить рабочее пространство. Вторым основополагающим фактором, выступающим в сторону применения аккумуляторных батарей, является экологичность такой установки. Экологическая обстановка особенно актуальна в морских портах и прибрежных зонах, где и предстоит работу буксиров проекта «04900». Условия эксплуатации, как например маленькие расстояния и эпизодичность применения так же являются существенными факторами, позволяющими рассматривать подобную энергетическую установку в качестве основной. Одновременно прорабатывается и экономика проекта. Применение аккумуляторных батарей в качестве системы движения дешевле в производстве чем традиционная установка с системой электродвижения.

Государственная политика, направленная на развитие систем электродвижения и перспективные проработки, выполненные смежниками в сфере производства тяговых аккумуляторов, позволяют с оптимизмом смотреть на развитие систем электродвижения в области судостроения. При этом если суда с электродвигателями уже нашли широкое

**ЗАО «СПЕЦСУДОПРОЕКТ»**  
**ОПЫТ. КОМПЕТЕНЦИИ. РЕЗУЛЬТАТ.**  
**ЗДЕСЬ ПРОЕКТИРУЮТ БУДУЩЕЕ.**  
**ПРОСТЫЕ РЕШЕНИЯ СЛОЖНЫХ ЗАДАЧ!**



**СПЕЦСУДОПРОЕКТ**

**ОБЛАСТЬ НАШЕЙ КОМПЕТЕНЦИИ СОСТАВЛЯЮТ**

- СУДА ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ
- ТАНКЕРЫ
- СУДА С ВЫСОКИМ КЛАССОМ АВТОМАТИЗАЦИИ
- ГАЗОВОЗЫ
- САМОХОДНЫЕ ПЛАВУЧИЕ КРАНЫ
- СУХОГРУЗНЫЕ СУДА
- ГРУНТООТВОЗНЫЕ ШАЛАНДЫ
- КАБЕЛЬНЫЕ СУДА
- СТОЕЧНЫЕ СУДА
- РЫБОЛОВНЫЕ СУДА
- БУКСИРЫ
- ПАССАЖИРСКИЕ И СЛУЖЕБНО-РАЗЪЕЗДНЫЕ КАТЕРА



**S-S-P.RU**

Санкт-Петербург, Коломяжский пр. д. 27, лит. А  
 Тел. 8 (812)7777-995  
 Факс 8 (812) 7777-965  
**S-S-P@S-S-P.RU**



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
**ИНТЭЛ**

## ИННОВАЦИОННЫЕ РАДАРЫ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ 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.**



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 формирователях 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 Х диапазона с применением твердотельных



приемопередатчиков с непрерывным излучением и частотной модуляцией. Руководство проектом осуществляет опытейший инженер-конструктор Павел Иванович Власов.

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, самостоятельное 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 отображение 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; слесарноборочные и радиомонтажные участки, роботизированное производство электронных модулей. Производственная база предприятия обеспечивает инструментально-слесарную обработку, сборку, а также монтаж и настройку электронных модулей на многослойных печатных платах с использованием современного высокотехнологического оборудования.

Редакция МНТ.



# РИАТОМ – УНИКАЛЬНЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ФЛОТА

ИНТЕРВЬЮ С ГЕНЕРАЛЬНЫМ ДИРЕКТОРОМ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА «РИАТОМ» (БАРНАУЛ) ОЛЕГОМ КОНСТАНТИНОВИЧЕМ ЖУЛИНЫМ.

- Олег Константинович, расскажите, пожалуйста, об истории вашего завода.

История нашего завода началась в 1993 году, когда Константин Сергеевич Жулин, почётный радист СССР, начал разработку и изготовление первых приборов контроля параметров дизель-генератора.

Ключевые вехи нашего предприятия таковы:

- 1995 год - производство электронных регуляторов частоты.
- 1998 год - изготовление шкафов управления дизель-генераторами.

- 1999 год - выпуск систем аварийно-предупредительной сигнализации с сертификатом российского речного регистра.
- 2002 год - выпуск систем аварийно-предупредительной сигнализации с сертификатом российского морского регистра судоходства.
- 2006 год - оформление в собственность первого офисного здания и земельного участка.
- 2008 год - завершение строительства цеха металлообработки и его оснащение оборудованием.
- 2011 год - выпуск систем дистанционного автоматического управления «Корвет».



Начальник отдела учета и управления результатами интеллектуальной деятельности Департамента судостроительной промышленности и морской техники Минпромторга России - Помылев Илья Васильевич обсуждает с руководством завода регламент внедрения системы "Катунь-23".



Оборудование завода «РИАТОМ» на судне «Анатолий Чернеев»



Речное мелкоосидающее пассажирское судно на подводных крыльях «Валдай 45Р» проекта 23180. Предназначено для скоростных перевозок в светлое время суток. Оборудовано системами управления Иртыш 7СУ6-10.7 производства ООО ПЗ «РИАТОМ»



Буксир «Фавор» - пятый из пяти морских буксиров-спасателей проекта NE025 для Морспасслужбы. Системы ДАУ «Корвет», а также дизель-генераторы с системами управления 7СУ6, производства ООО ПЗ «РИАТОМ», поставлены на суда компанией Балт-Проект

- 2023-2024 годы- разработка и внедрение уникальных систем типа «Катунь - 23».

Существующая команда инициативных, творческих специалистов, рост и сплочение инженерно-технического коллектива способствуют постоянному росту оборота продукции. В первую очередь, благодаря способности определять необходимость той или иной номенклатуры 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. Особенное значение мы придаем импортозамещению.

Наша продукция это:

- системы аварийно-предупредительной сигнализации и защиты;



Катунь-23-83



Производство завода «РИАТОМ»

- системы дистанционного автоматического управления (ДАУ);
- автоматика для главных судовых двигателей и судовых дизель-генераторов;
- регуляторы частоты вращения судовых двигателей;
- контроллеры;
- исполнительные механизмы;
- рукояти судоводителя;
- шкафы управления;
- зарядные устройства.

**- О каких новых изделиях Вы можете сейчас рассказать?**

Мы спроектировали и изготовили автоматические зарядное устройство (АЗУ-23) для аккумуляторных батарей, соответствующее требованиям РКО и РМРС. Сейчас проходят сертификационные испытания и планируем до ноября 2024 года получить сертификаты РКО и РМРС.

Удалось спроектировать и поставить на производство системы управления «Катунь-23» с сертификатом РКО. А «Катунь-23» с сертификатом РМРС мы спроектировали и привезли образец на выставку Ship Tech Global и сейчас проходим сертификационные испытания. Планируем получить сертификат РМРС в ноябре.

Еще одно изделие – это система управления «Амфитрита», при работе над которой нам удалось найти несколько новых конструктивных решений. Это совершенно новая система, с графическим сенсорным экраном, совершенно новый подход к управлению технологическим оборудованием. Надеюсь, она станет лучшей среди аналогов отечественного и импортного оборудования. Конечно, ещё нужно пройти испытания, но мы уверены, что это изделие будет иметь высокий уровень. Рассчитываем получить работающий образец до конца 2024 года.

**- В чем особенность вновь созданных систем?**

Системы управления «Катунь-23» и «Амфитрита» совмещают в себе:

- систему дистанционного автоматического управления (ДАУ);

*Еще одно изделие – это система управления «Амфитрита», при работе над которой нам удалось найти несколько новых конструктивных решений. Это совершенно новая система, с графическим сенсорным экраном, совершенно новый подход к управлению технологическим оборудованием. Надеюсь, она станет лучшей среди аналогов отечественного и импортного оборудования.*



Промерное судно «Василий Аршинов» проекта RDB 66.62. Оборудован системой АПС 7СУ6-11 и системой ДАУ «Корвет» производства ООО ПЗ «РИАТОМ»

- систему аварийно-предупредительной сигнализации (АПС);
- систему защиты.

Они устанавливаются на главные и вспомогательные двигатели речных и морских судов. Система ДАУ обеспечивает пуск, остановку и управление оборотами двигателя; система АПС предупреждает о выходе какого-либо технологического параметра за допустимые пределы; а система защиты останавливает двигатель при серьезной неисправности. Такие системы подходят для установки на любой судовой дизельный двигатель, как главный, так и вспомогательный, для речных и морских судов любого назначения.

**- Чем Вы руководствуетесь в научно-технической, производственной деятельности?**

Прежде всего, установками руководства страны, которые зафиксированы в документах и, конечно же, потребностями рынка, как и любое коммерческое предприятие. И стремимся помочь развитию нашей промышленности и становлению России, как самостоятельной, сильной технологической державы. Очень точно об этом сказал на стратегической сессии по укреплению технологического суверенитета России 11 апреля 2023 года **Председатель Правительства РФ Михаил Владимирович Мишустин:** «Для сохранения устойчивости важнейших отраслей необходимо за короткий срок обеспечить высокую степень независимости в создании технологий, разработке и инженерных решений, освоить выпуск практически всей критически значимой продукции. Такая работа должна

*вестись на основе собственных ресурсов и, что самое важное, собственных компетенций. Поэтому сейчас требуется усилить, а по сути, поднять на принципиально новый уровень производственный, кадровый и научный потенциал нашей страны».*

Своей работой мы стараемся воплотить поставленные задачи в жизнь.

**- Вы достаточно быстро развиваетесь, делаете опережающие шаги по совершенствованию продукции. Скажите, а есть ли у вас какие-то трудности?**

Да, трудности, несомненно, есть. Прежде всего, хочется работать быстрее, но быстрее не всегда удаётся. Поэтому применяем различные методики в конструкторских решениях. Но самая большая трудность – сделать себя видимыми в наш век перепроизводства. Труднее всего донести всем потенциальным покупателям, которые нуждаются в продукции высокого качества и высокой степени надёжности, о том, что мы существуем. Пожалуй, это самая актуальная для нас задача, которую мы решаем прямо сейчас.

**- Огромнейшее спасибо за интересную, познавательную беседу! Ваши пожелания коллегам и нашим читателям.**

От всей души желаю, чтобы наш добросовестный труд приносил в семьи достаток, уважение и уверенность в завтрашнем дне. Не отступать от намеченных целей и в наше фронтное время относиться к своему труду достойно и максимально ответственно.

www.ris-com.ru



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

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

В 2024 году Научно-промышленному Союзу «Управление рисками, промышленная безопасность, контроль и мониторинг» (Научно промышленный союз «РИСКОМ») исполнилось 20 лет со дня образования. В состав Союза вошли ведущие российские компаниями, работающие в области экспертизы промышленной безопасности, технического диагностирования технических устройств, обследования технического состояния зданий и сооружений, мониторинга технического состояния и производства оборудования для неразрушающего контроля. Сегодня в составе НПС «Рискком» более 20 российских организаций, находящихся в разных городах нашей страны: Москва, Обнинск, Нижний Новгород, Самара, Екатеринбург, Красноярск, Магнитогорск.

Идея, объединившая Союз, - создание экспертного сообщества, объединяющего опыт ведущих компаний, работающих в различных областях обеспечения промышленной безопасности, инженерного сообщества профессионалов, специалистов разработчиков новых методов контроля, методик технического диагностирования, обследования и мониторинга технического состояния, производителей диагностических приборов и оборудования, диагностов и операторов практиков, непосредственно осуществляющих

контроль, диагностирование и обследование технических устройств, зданий и сооружений, экспертов, непосредственно осуществляющих экспертизу промышленной безопасности на ОПО (опасных производственных объектах).

Цель образования Союза – осуществление совместного активного участия в деятельности надзорных органов и эксплуатирующих организаций по совершенствованию системы промышленной безопасности и предупреждению чрезвычайных ситуаций, путем оценки и осмысления мирового опыта в области управления рисками, объединения опыта организаций, эксплуатирующих опасные объекты, разработчиков технологий и средств неразрушающего контроля, научных организаций, координации исследований и разработок в данной области (НИОКР, разработка новых методов и средств контроля), для выработки комплексного, согласованного подхода к решению проблемы снижения рисков, стандартизации технологий диагностирования, развития методов и средств технического диагностирования, обследования и мониторинга.

Главная задача Союза – консолидация усилий его участников для комплексного решения существующих проблем обеспечения безопасной эксплуатации и надежности про-



мышленных объектов повышенной опасности на основе передовых достижений науки и техники; создание адекватной нормативно-технической базы в области управления рисками и системы промышленной безопасности, отвечающей современным требованиям международных и национальных технических стандартов, а также требованиям Федеральных законов «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и «О техническом регулировании в РФ».

Основными направлениями деятельности союза являются:

- создание систем комплексной диагностики, в том числе мониторинговых; оказание высококвалифицированных услуг при обследовании и экспертизе промышленной безопасности; разработка и производство современного оборудования для неразрушающего контроля объектов любой сложности, отвечающих современному уровню развития науки и техники;
- участие в разработке технических регламентов и создании методик, позволяющих с высокой степенью достоверности оценивать состояние объектов контроля, выявлять опасные в аварийном отношении участки в реальном масштабе времени с минимальными материальными затратами;
- стандартизации технологий, средств технического диагностирования, обследования и мониторинга технического состояния технических устройств, зданий и сооружений.

Организациями Членами Союза накоплен уникальный опыт проведения экспертизы промышленной безопасности, технического диагностирования, обследования и мониторинга технического состояния объектов различной сложности, прежде всего в нефтегазовой и нефтехимической отрасли, разработки и внедрения мониторинговых систем, разработки и изготовления приборов и оборудования для проведения всех видов неразрушающего контроля, подготовки нормативно-технической и методической документации.

Со времени своего основания НПС «РИСКОМ» превратился в универсальный инструмент продвижения передовых идей в области обеспечения промышленной безопасности, в своего рода уникальную площадку общения специалистов практиков, обмена мнениями и выработки согласованных решений по широкому кругу вопросов промышленной безопасности и неразрушающего контроля. Начиная от решения проблем нормативного обеспечения новейших методов и методик контроля, принятия стандартов качества оказываемых услуг, совместного продвижения отечественных ком-



паний на зарубежные рынки до разработки этических норм поведения участников рынка экспертных и диагностических услуг. В настоящее время в НПС «РИСКОМ» действуют научно-технические советы и рабочие группы по мониторингу технического состояния, оценкам промышленных рисков, по методам неразрушающего контроля, разработке технических регламентов и др. Собрана уникальная библиотека трудов участников Союза, насчитывающая несколько сотен позиций, в том числе, вошедших в энциклопедическое издание «Безопасность России». При непосредственном участии Союза разработаны десятки отраслевых и межведомственных Стандартов, ФНП, ГОСТ Р, СТО, СП, методических указаний (МУ) и Руководящих документов по тематике промышленной безопасности и неразрушающему контролю.

Одним из важнейших направления деятельности Союза является проведение специализированных научно-практических конференций, международных школ-семинаров по неразрушающему контролю и промышленной безопасности, участие в подготовке и проведении Всероссийского конкурса специалистов НК.

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

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

НПС «РИСКОМ» принимает самое активное участие в создании и становлении отечественной отрасли ремонта морских трубопроводов. Все технологии ремонта морских трубопроводов и стандарты проходят экспертизу в Научно-Техническом Совете Союза, что позволило создать производственную инфраструктуру, заложить базу нормативного обеспечения отрасли и наработать серьезный практический опыт, а также обеспечить технологическую независимость Российской Федерации в стратегической отрасли добычи углеводородов на шельфе. При этом разработанные технологии не уступают, а по некоторым параметрам значительно превосходят лучшие зарубежные решения.

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

## НЕПОБЕДИМОМУ АДМИРАЛУ УШАКОВУ ПОСВЯЩАЕТСЯ!



РУКОВОДСТВО МЭС ОРГАНИЗУЕТ И УЧАСТВУЕТ В МЕРОПРИЯТИЯХ В ЧЕСТЬ АДМИРАЛА ФЕДОРА УШАКОВА



низован Попечительским советом по восстановлению храмового комплекса в селе Хопылёво и инициативной группой по строительству духовно-исторического комплекса в честь святого и праведного воина Феодора Ушакова в Москве при поддержке Русской Православной Церкви, Администрации Президента РФ, Государственной Думы ФС РФ, Правительства Ярославской области, Фонда Андрея Первозванного и федерального благотворительного проекта «Всех Обнял».

4 августа участники автопробега Москва-Хопылёво, в состав которого вошла делегация МЭС, доставили и передали в храм Богоявления-на-Острове в селе Хопылёво Ярославской области мощи святого праведного воина Феодора Ушакова.

В этом храме, построенном в 1701 году, был крещён будущий адмирал Российского флота, святой праведный воин Феодор Ушаков, и его дядя – преподобный Феодор Санаксарский.

Автопробег, посвященный 20-летию общецерковной канонизации святого праведного воина Феодора Ушакова, стартовал 3 августа в Москве, от храма святого праведного воина Феодора Ушакова в духовно-историческом комплексе в Левобережном. Его целью стало объединение двух духовных центров – строящегося храма в Москве и недавно отреставрированного храма в Хопылёво. Руководство Межведомственного экспертного совета по безопасности морских подводных трубопроводов и объектов в лице заместителей председателя сенатора Колбина Сергея Николаевича и генерального директора НТЦ «Нефтегаздиагностика» Лещенко Виктора Викторовича приняли непосредственное участие в организации и самом пробеге.

Фото историю передачи мощей и благословения колокола для строящегося храма произвела представитель фото клуба «Аристократы морей», редактор журнала «Морская наука и техника» Росита Руис.

В 11 часов утра 4 августа автомобиль «Aurus», везущий ковчег с частицей мощей, преодолев 350 километров автомобильного крестного хода, остановился у церкви Богоявления-на-Острове, единственного сохранившегося исторического здания, связанного с детством и отрочеством флотоводца. Совершив обряд передачи мощей, духовенство провело крестный ход, в котором к участникам пробега присоединились тысячи прихожан и паломники.

Автопробег и фестиваль памяти Феодора Ушакова орга-

## «АДМИРАЛ УШАКОВ. ВОСХОЖДЕНИЕ»

ФИЛЬМ ОБ АДМИРАЛЕ УШАКОВЕ ВПЕРВЫЕ ПОКАЗАН В ХРАМЕ ХРИСТА СПАСИТЕЛЯ В МОСКВЕ. В.В.ЛЕЩЕНКО, ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ МЭС, ЯВЛЯЕТСЯ АВТОРОМ ИДЕИ И ГЕНЕРАЛЬНЫМ ПРОДЮСЕРОМ ФИЛЬМА.



16 октября 2024 года в Москве, Зале Церковных Соборов Храма Христа Спасителя для более чем 2000 тысяч последователей адмирала впервые показан документальный фильм «Адмирал Ушаков. Восхождение», призванный рассказать о личности великого русского флотоводца как пример доблести, новаторства, верности долгу и христианского милосердия.

Фильм снят режиссером **Сергеем Викторовичем Лачиним**, который получил широкую известность после картин о Петре I и Александре Суворове. **Автором идеи и генеральным продюсером выступил Виктор Викторович Лещенко** – заместитель председателя Межведомственного экспертного совета по безопасности морских подводных трубопроводов и объектов, генеральный директор НТЦ «Нефтегаздиагностика». Продюсер фильма – **Дмитрий Викторович Шлопак**. Фильм создан по благословию **Митрополита Викентия**, постоянного члена Священного Синода Русской Православной Церкви, Почетного настоятеля духовно – исторического комплекса в честь Святого и Праведного воина Феодора Ушакова в г. Москве (Левобережный).

Полнометражный документальный фильм повествует о судьбе гениального флотоводца с детских лет до его отставки. Это не только история побед адмирала Ушакова над противником, но и путь становления его личности. Съёмочная группа прошла по важным вехам жизненного пути героя – от места его рождения в ярославской глубинке до блистательного османского Стамбула, от Санаксарского монастыря, затерянного в мордовской глуши, до средиземноморской крепости на острове Корфу. В фильме, решенном в формате документальной драмы, показана история создания Россией в Ионическом море «Республики семи островов» – первого греческого государства. Этому предшествовало одно из главных свершений Ушакова – взятие неприступной крепости Корфу. Одной из сюжетобразующих для фильма явилась христианская линия в судьбе адмирала. Его духовная связь с родным дядей – Преподобным Феодором Санаксарским, молитвенником и заступником адмирала Ушакова.

В своем приветственном слове автор идеи Виктор Лещенко особо отметил, что, по его мнению, главным зрителем картины должны быть юные наследники подвигов Ушакова,

школьники и нахимовцы, будущее нашей Родины, будущие Ушаковы, Суворовы, Нахимовы, Моторолы.

«Мы верим что история жизни и боевых свершений великого флотоводца и святого адмирала Феодора Ушакова сегодня особа значима для наших соотечественников и, несомненно, представляется достойным примером для сражающихся за России наших воинов» – отметил создатель теперь уже эпопеи фильмов о величайших людях России – о Суворове, и теперь об Ушакове, **Виктор Викторович Лещенко**.

Фильм «Адмирал Ушаков. Восхождение» создан при поддержке инициативной группы по строительству духовно-исторического комплекса в честь святого и праведного воина Феодора Ушакова в городе Москве (Левобережный, Ленинградское шоссе, 59).

В мероприятии приняли участие: **Митрополит Ташкентский и Узбекстанский Викентий**, постоянный член Синода РПЦ, почётный настоятель духовно-исторического комплекса в честь святого и праведного воина Феодора Ушакова в городе Москва (Левобережный); Режиссер фильма «Адмирал Ушаков. Восхождение» **Сергей Лачин**; Автор идеи и генеральный продюсер фильма «Адмирал Ушаков. Восхождение» Виктор Лещенко; Экс-командующий Балтийским Флотом адмирал **Владимир Валуев**; Экс-командующий Черноморским Флотом адмирал **Владимир Комоедов**; Капитан первого ранга, доктор исторических наук, автор книги «Непобедимый Праведный Воин Федор Ушаков», ведущий научный сотрудник НИИ военной истории ВАГШ ВС РФ **Владимир Овчинников**; Экс-заместитель директора ФСБ РФ, генерал-полковник **Виктор Комогоров**; Сенатор Совета Федерации Федерального собрания Российской Федерации **Сергей Колбин**; Патриарший архиерей **Отец Константин** (Барган); Президент «Московского Делового Собрания», член Правления РСПП **Иван Утенков**; Директор ФГБУ «Роспатриотцентр» **Елена Беликова**; Глава инициативной группы по строительству духовно-исторического комплекса в честь святого и праведного воина Феодора Ушакова в городе Москве (Левобережный), продюсер фильма **Дмитрий Шлопак** и ряд других важных гостей.

В информационном обеспечении и первом торжественном просмотре фильма приняла участие редакция журнала «МОРСКАЯ НАУКА И ТЕХНИКА».

Вместе  
По Зову Сердца

## БЛАГОТВОРИТЕЛЬНЫЙ ФОНД «ВМЕСТЕ ПО ЗОВУ СЕРДЦА»

Интервью Бузмаковой Юлии Юрьевны, учредителя и директора Благотворительного Фонда «Вместе По Зову Сердца»

**Добрый день, Юлия. Спасибо, что согласились дать интервью нашему журналу и нашли для этого время.**

Благодарю Вас за приглашение, с радостью расскажу о Фонде.

**Теплое, сердечное название у Вашего Фонда – «Вместе По Зову Сердца». Как оно появилось, как вы его выбрали?**

Наш Фонд был создан в 2022 году, когда перед страной встали новые вызовы. Начали мы не с «чистого листа» и прекрасно понимали, что и как хотим делать, поскольку Фонд был организован на базе Телеграм-группы «По Зову Сердца», оказывающей помощь военным подразделениям с первых месяцев СВО. Однажды настал момент, когда актив Фонда понял, что обществу нужна более масштабная волонтерская работа, в рамках группы нам стало тесно.

В названии заключен основной принцип работы Фонда: делаем то, к чему зовут наши сердца, будучи не просто единомышленниками и соратниками, а настоящей командой.

**В стране создано множество Фондов, почему команда решила, что вам нужен свой инструмент для работы? Чем вы отличаетесь от других некоммерческих организаций?**

Прежде всего мы команда, которая остро реагирует на человеческую боль, не думая изначально ни о ресурсах, ни об инструментах для помощи. Ведь когда действуешь от

чистого сердца и есть взаимопонимание, находятся и пути решения проблем. Количество обращений за помощью увеличилось день за днем, и активисты, люди с высоким уровнем компетенций и профессиональным опытом в разных сферах деятельности, приняли решение образовать Благотворительный Фонд, который позволит привлечь дополнительные ресурсы, необходимые для оказания помощи. Например, Благотворительный Фонд может получать гранты, участвовать в общественных мероприятиях и конкурсах.

Если говорить об отличиях от других организаций, то, конечно, это наше решение - не выделять одно направление деятельности. Мы посчитали необходимым оказывать поддержку воинам и не игнорировать беды стариков и детей на новых территориях, тем более, когда знаешь, как наши солдаты делятся с мирным населением своим куском хлеба, иногда последним на сегодня. Когда увидели в первых отчетах с передовой, как взрослый мужчина, испытавший столько, что хватит и на несколько жизней, утирает слезу, сжимая игрушку, сделанную ребенком, пришло понимание – наши дети должны вырасти настоящими патриотами и защитниками своей Родины, как эти мужчины, а значит, надо уделять в работе больше внимания воспитанию подрастающего поколения, говорить с детьми об истинном патриотизме, буквально учить их любить Родину.



Откликаясь сердцем на такие истории, мы со временем поняли, что они сложились в несколько направлений работы, которые легли в основу наших программ.

**Итак, насколько разнообразна ваша деятельность?**

В Фонде три основных направления работы: помощь военным медикам и раненым солдатам, помощь людям, попавшим в трудную жизненную ситуацию, и патриотическое воспитание общества через вовлечение людей в волонтерский труд.

Пока продолжается специальная военная операция, наш приоритет – это помощь фронту. В рамках программы **«От ранения до выписки»** мы работаем с медицинскими подразделениями, эвакуационными группами и ранеными как в прифронтовых госпиталях, так и в глубоком тылу. По запросу военных медиков мы помогаем в снабжении медикаментами, в оборудовании полевых госпиталей, отвечаем на адресные запросы раненых бойцов в части их обеспечения так называемой госпитальной одеждой и средствами реабилитации.

Про госпитальную одежду стоит сказать отдельно. Еще до создания Фонда мы были одними из первых волонтеров, кто, посетив бойцов в московских госпиталях, обратили внимание на потребность в нестандартной больничной одежде. Дело в том, что специфика ранений, полученных во время боевых действий, очень отличается от травм в мирное время. Повреждения конечностей требуют лечения с использованием аппаратов внешней фиксации. Это громоздкие металлические конструкции на конечностях, которые не позволяют надеть обычные брюки или футболку. Ребята носят их неделями как в летнее, так и в зимнее время, не могут без одежды выйти в коридор, не говоря уже о том, что просто мерзнут. Неравнодушные девушки объединились в команду и разработали белье и одежду со специальными вставками и кнопками по бокам, которые можно использовать поверх аппаратов. Начали шить у себя дома весь необходимый ассортимент: трусы, штаны, футболки в как в стандартных размерах, так и по специальному запросу. Следуя нашему принципу: «если делать, то делать только на «отлично», мы обратились к конструкторам РГУ им. Косыгина, которые на базе нашего опыта создали выкройки и опытные модели высокого уровня. Кстати, именно с проектом по изготовлению госпитальной одежды, мы уже как Фонд стали финалистами премии «Мы ВМЕСТЕ», хотя к тому времени Фонду не было еще и года!

Второе направление нашей работы – гуманитарное. Про-





грамма «**Ты не один**» направлена на помощь людям в трудной жизненной ситуации. Понимая, что беда постучалась в дом к тем, кто живет на территориях, попавших в зону проведения СВО, мы, прежде всего, ориентированы на их поддержку. Однако, мы также всегда вместе с нашей страной и в других чрезвычайных ситуациях, собрали гуманитарную помощь пострадавшим от наводнения в Оренбургской области, поддерживаем курян.

Непрерывно собираем и сортируем одежду, обувь, кухонную утварь, постельное белье, игрушки, книги, мебель, средства гигиены и реабилитации. Живя в большом городе, под мирным небом, сложно себе представить, что есть старики, которые со слезами на глазах радуются одноразовым пеленкам, а остатки обоев для кого-то – настоящее сокровище.

Более 150 кубометров гуманитарных грузов было отправлено в населенные пункты в глубинке ЛДНР, это тысячи коробок и мешков. И абсолютно все вещи в них перебраны нашими волонтерами. Многие благотворительные организации принимают в гуманитарные сборы исключительно новые вещи. Их можно понять, потому что нередки случаи, когда приносят грязную, рваную одежду со сломанной фурнитурой. Мы идем другим путем. Попавшие в беду люди зачастую убегали в том, что было на них, взяв с собой только документы. Это значит, что у них нет ни теплой одежды, ни подушки, ни чашки. Мы сортируем и утилизируем непригодные для использования бывшие в употреблении вещи, боясь оскорбить тех, кто с благодарностью принимает помощь, иногда забираем одежду, чтобы постирать – если одежда действительно хорошая, но требует внимания.

Работа с мирными жителями не ограничивается только потоком доставленных вещей. Мы познакомились с семьей в ЛНР, которая организовала детский дом и приняла на воспитание детей, оставшихся сиротами из-за войны. Закупили для них школьные принадлежности, чтобы помочь подгото-

виться к началу учебного года. Благодаря дружественной волонтерской группе узнали, что в поселке Новопсков в Луганской области в ПВР эвакуированы люди, которые в буквальном смысле спали на картоне вместо матрасов и занимали очередь, чтобы приготовить пищу, потому что на 20 человек была всего одна электрическая плита с одной работающей конфоркой. Естественно, не прошли мимо.

Мариупольским направлением своей деятельности мы особенно гордимся, потому что фактически организовали там новое отделение Фонда. Семьи, которым мы оказали гуманитарную помощь, высказали желание присоединиться к нашей команде. Они находят в далеких селах одиноких стариков, выявляют их потребности, распределяют гуманитарную помощь. И именно там живет наш самый юный волонтер: Кириллу 1 годик, и он вместе с родителями уже развозит все то, что мы присылаем в гуманитарном конвое.

Патриотическая программа «**Мы-Родина**» родилась из конкурса «**Читают дети о войне**». В апреле 2022 года мы остро почувствовали необходимость по-особенному отметить День Победы, потому что в мире, где свержают памятники, а белое становится черным, по-другому нельзя. Так родилась идея детского онлайн конкурса в Телеграм, для участия в котором было необходимо записать видео, где дети рассказывают стихи о войне. Начинать с Москвы и области, а открыв прием заявок на второй конкурс, обнаружили, что аудитория удвоилась и география расширилась на всю страну: от Выборга до Камчатки, включая Донбасс и Луганскую Народную республику. Мы сами не ожидали такого отклика от ребят, в этом году в нем приняло участие более 250 конкурсантов. Выбирали победителей, лили слезы и гордились нашей страной и ее подрастающим поколением.

Так пришло понимание, что необходимо вовлекать людей в волонтерство, и мы вышли на улицу. В рамках Московского фестиваля «**Лето в городе**» мы вынесли в сквер в Тропарево-Никулино станину и стали плести маскировочные сети,



попутно объясняя прохожим, почему это важно и приглашая их присоединиться к нам. Помимо сетей плели с детьми тактические браслеты, делали солевые грелки и «сухие» армейские души – все то, что так нужно нашим ребятам в окопах и так легко сделать самим. И люди откликнулись. Нас ждали, спрашивали, когда мы снова придем, жертвовали средства на расходные материалы наших мастер-классов и спрашивали инструкции изготовления, чтобы показать родным.

Мы открыли патриотическое направление работы в этом году, а нас уже приглашают с мастер-классами на официальные городские мероприятия: празднование Дня Победы с привлечением наших подшефных-кадетов из общеобразовательной школы № 2120» с возложением цветов и почетным караулом по приглашению Совета депутатов и аппарата совета депутатов муниципального округа Тропарево-Никулино; «**День военного автомобилиста**» по приглашению Московского городского профсоюза работников





автомобильного транспорта и дорожного хозяйства, Ретрофестиваль, по приглашению Росреестра в рамках Международной конференции молодежных советов Росреестра 2024, праздник ромашек... Стало совершенно очевидно, что в обществе есть большой запрос на волонтерство и консолидацию, просто не хватает простых и доступных механизмов, как можно влиться в этот процесс.

Параллельно с официальными программами Фонда, мы ни на минуту не останавливали работу еще по одному направлению – помощь военным. Дело в том, что есть большое количество запросов, которые не соответствуют Уставу Фонда, но в текущих условиях их игнорировать было бы просто преступно. Не как Фонд, но как волонтеры и просто граждане своей страны, мы отправляем помощь на фронт. В окопах сейчас нужно очень многое: от термобелья и носков до окопных свечей и пачки лапши быстрого приготовления. Мы не собираем деньги на коптеры и тепловизоры, законодательство не позволяет нам вести такую деятельность. При этом мы считаем себя обязанными помочь нашим защитникам обустроить быт, обеспечить им тепло и поддержку.



#### Как к вам можно обратиться за помощью?

К нам обращаются начмеды, фельдшеры, военные, гражданские люди в трудной жизненной ситуации, волонтерские группы. Прежде всего мы проверяем запрос на достоверность и обоснованность. Мы несем полную ответственность за средства, которые дарители перечисляют на сборы, поэтому гарантируем, что каждый рубль потрачен на действительно необходимые закупки. Абсолютно в каждом сборе есть наши личные средства, со многими участниками Телеграм-группы мы знакомы лично, число волонтеров Фонда растет, с нами – наши друзья, родные и близкие, поэтому прозрачность в согласовании запросов и отчетности о предоставленной помощи – основа нашей работы.

Вместе с тем мы стараемся максимально упростить работу и сократить бюрократию настолько, насколько это возможно, ведь у нас у самих нет времени на то, чтобы просто перекладывать бумаги. Поэтому обращающиеся к нам за помощью предоставляют нам, как правило, письменный запрос и по факту выполнения запроса акт о получении помощи, а в ряде случаев еще и подтверждающие фото и видеоотчеты.

Уже через полгода работы Фонда мы получили статус социально значимой организации, что означает, что государство видит наш вклад и предоставляет налоговые льготы нашим жертвователям.

#### Что мотивирует вас и ваших волонтеров?

Мы добровольно встали в строй, чтобы обеспечить надежный тыл тем, кто с оружием в руках отстаивает нашу безопасность. Понимание того, что мы нужны им, обществу и нашей Родине – уже достаточная мотивация, чтобы действовать. Из первых уст мы знаем, как живет мирное население, которого коснулись боевые действия. Их сила духа, желание жить и осознание, что помочь им не сложно, служат нам стимулом идти вперед. Невероятно заряжает общение с коллегами, как с командой, так и с участниками других волонтерских групп, с которыми у нас много совместных проектов.

#### Какие у вас планы развития?

Мы работаем над созданием штаба, внутри которого развернется добровольческое движение. Собрав под одной



крышей актив Фонда, волонтерские мастерские, кураторов проектов по работе с населением и взаимодействию с органами государственного управления, мы значительно повысим эффективность нашей работы.

Особое внимание команды прямо сейчас направлено на проекты, вовлекающие в совместный труд молодежь и детей. Гордимся нашим подрастающим поколением – глаза горят, дело спорится.

Постепенно расширяется география присутствия Фонда. Мы начинали свою работу в Московской области и в Москве, теперь к нам присоединились волонтеры из Сочи, Мариуполя, Кургана, Санкт-Петербурга. Верим, что будем расти и дальше.

Очень остро ощущаем необходимость в популяризации занятий по гражданской обороне и тактической медицине. Настало время, когда общество должно быть мобилизовано, мы должны быть готовы к различным ситуациям: то тут, то там над мирными домами пролетают дроны, случаются террористические акты, а среднестатистический гражданин даже не знает, как правильно оказать доврачебную помощь, мы жгуты не умеем накладывать, не говоря о чем-то более серьезном.

Смотрим в будущее и осознаем, что ребятам, вернувшимся с Победой, будет крайне необходима психологическая помощь, чтобы найти свое место в мирной жизни. Работу по созданию центра такой поддержки нужно начинать уже сейчас, и в нашей команде уже есть дипломированные специалисты, готовые работать в этом направлении.

#### Как вас найти?

Вся информация о наших подопечных, сборах и новостях содержится на сайте и на странице ВКонтакте, а живое общение с активом и волонтерами ведется в Телеграм-группе. Присоединяйтесь, мы рады каждому.

**Спасибо за интервью, Юлия. От лица редакции благодарю Вас и вашу команду за активную гражданскую позицию и вклад в Победу!**

**Победа будет за нами!**

<https://vmestepozovuserdca.ru>

<https://m.vk.com/vmestepozovuserdca>

<https://t.me/vmestepozovuserdtsa>



# МОЩЬ И КРАСОТА РОССИЙСКОГО ФЛОТА: ВЗГЛЯД ЧЕРЕЗ ОБЪЕКТИВ

## АРИСТОКРАТЫ МОРЕЙ

Мы создаём художественную фотолетопись современного российского флота.



Нахимовском военно-морском училище, Санкт-Петербург



МВК «Константиновская батарея», Севастополь



Свято-Троицкая Александро-Невская лавра

Фонд содействия сохранности культурно-исторического наследия и развития художественной маринистики «Морское фотографическое собрание» образован 28.08.2021.

Учредителями Фонда и авторами фотокартин проекта «АРИСТОКРАТЫ МОРЕЙ» являются члены Русского географического общества, Российского исторического общества, Творческого союза художников России фотографы Александр Алякринский, Росита Руис.

В период с 2016 года по настоящее время фотовыставки авторов более 70 раз экспонировались в городах Москва, Санкт-Петербург, Кронштадт, Петергоф, Севастополь, Владивосток, Сочи, Ялта, Гурзуф, Берлин, Прага, Барселона, Таррагона, Сеговия, Гранада, Лиссабон, Ушуайя.

Наши фотокартины были представлены и находятся в музейных фондах в Адмиралтействе, Морском корпусе Петра Великого, Севастопольском доме офицеров Черноморского флота РФ, Центральном военно-морском музее имени императора Петра Великого Министерства обороны РФ, Музейно-выставочном комплексе «Константиновская батарея», Нахимовском военно-морском училище, Кронштадтском морском кадетском военном корпусе, Международном детском центре «АРТЕК», Всероссийском детском центре «Океан», Детском морском центре Ялты, Владивостокском президентском кадетском училище-филиале Нахимовского военно-морского училища, Черноморском высшем военно-морском училище имени П.С. Нахимова, Военно-морском политехническом институте, Санкт-Петербургском морском

бюро машиностроения «Малахит», 51-м центральном конструкторско-технологическом институте судоремонта, Морском музее Ушуайя (Аргентина), Русском доме в Барселоне, Свято-Троицкой Александро-Невской лавре, Кронштадтского морском соборе, на Московском подворье Спасо-Преображенского Соловецкого ставропигиального мужского монастыря, в частных коллекциях России, Аргентины, Германии, Испании, Италии, Китая, США, Франции, Японии.

Фотокартины, представленные в рамках выставочной деятельности, переданы авторами в дар Соловецкому монастырю, Русскому дому на Краю света, Морскому музею Ушуайя, Черноморскому высшему военно-морскому училищу имени П.С. Нахимова, Международному детскому центру «АРТЕК».

В 2021-2022 года Александр Алякринский и Росита Руис, участвуя в торжественных церемониях «Последний звонок» и «Выпускной бал» в Нахимовском военно-морском училище, вручили лучшим выпускникам от имени Фонда памятные подарки.

Фонд «Морское фотографическое собрание» имеет благодарности Правительства Москвы, Форума «НЕВА», Морского конгресса, Россотрудничества, ФГБОУ «МДЦ «Артек», Главнокомандующего ВМФ России адмирала Н.А. Евменова.

+7 (985) 714-88-33 — Росита,  
e-mail: rosita-ruiz@yandex.ru  
+7 (903) 724-10-45 — Александр,  
e-mail: ala1960@me.com



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



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





119071, г. Москва, Ленинский пр-кт, д. 14,  
Российская академия наук,  
Комиссия РАН по техногенной безопасности,  
Межведомственный экспертный совет по безопасности  
морских подводных трубопроводов и объектов,  
<https://expertmore.ru/>  
E-mail: [info@expertmore.ru](mailto:info@expertmore.ru)