



УДК 622.692.4
<https://doi.org/10.51890/2587-7399-2025-10-2-104-109>

РЕМОНТ МОРСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ

© Коллектив авторов,
2025



В.В. Бесхижко, Ю.В. Бесхижко*, А.И. Ермаков
Группа компаний «Газпром нефть», РФ, Санкт-Петербург

Электронный адрес: ProNeft@gazprom-neft.ru

Введение. Как и для любого сооружения, в процессе работы может возникнуть потребность в ремонте по широкому кругу причин, в том числе в результате как внутреннего, так и внешнего воздействия (тралы и др.).

Цель. Предложить новый, альтернативный традиционному (сварка трубопровода над поверхностью воды и последующее опускание изогнутого участка на дно), метод ремонта подводного морского трубопровода, поврежденного до полного разрыва трубы, при условии возможности поднятия над поверхностью воды обоих концов трубопровода в месте повреждения.

Материалы и методы. Анализ существующих решений, оценочные расчеты, экспертные оценки

Результаты. Предложен метод осуществления ремонта подводных трубопроводов без сварки под поверхностью воды в основе использования фланцевого соединения.

Заключение. Проведенные предварительные проработки показали реальную осуществимость предложенного метода, однако, учитывая, что он используется впервые, требуется детальное уточнение отдельных решений.

Ключевые слова: трубопровод, подводный, ремонт

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бесхижко В.В., Бесхижко Ю.В., Ермаков А.И. Ремонт морских трубопроводов систем подводной добычи углеводородов. ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. 2025;10(2):104–109. <https://doi.org/10.51890/2587-7399-2025-10-2-104-109>

Статья поступила в редакцию 30.09.2024

Принята к публикации 15.02.2025

Опубликована 30.06.2025

REPAIR OF OFFSHORE PIPELINES OF UNDERWATER HYDROCARBON PRODUCTION SYSTEMS

Vladislav V. Beskhizhko, Yulia V. Beskhizhko*, Alexander I. Ermakov
Gazprom-neft company group, RF, Saint-Petersburg

E-mail: ProNeft@gazprom-neft.ru

Introduction. As with any structure, there may be a need for repairs during operation for a wide range of reasons, including as a result of both internal and external influences (trawl, etc.).

Aim. To propose a new method, alternative to the traditional one (the pipeline is welded above the water surface and then put down to the bottom being curved) for repairing an underwater marine pipeline damaged to the point of complete rupture of the pipe, provided that both ends of the pipeline can be raised above the water surface at the point of damage.

Materials and methods. Analysis of existing solutions, estimates, expert assessments

Results. A method for repairing underwater pipelines without welding under water surface, based on a flange connection, is proposed.

Conclusion. Conducting preliminary studies have shown the real feasibility of the proposed method. However, given that it is being used for the first time, detailed clarification of individual solutions is required.

Keywords: pipeline, underwater, repair

Conflict of interest: the authors declare that there is no conflict of interest.

For citation: Beskhizhko V.V., Beskhizhko Yu.V., Ermakov A.I. Repair of offshore pipelines of underwater hydrocarbon production systems. PRONEFT. Professionally about oil. 2025;10(2):104–109. <https://doi.org/10.51890/2587-7399-2025-10-2-104-109>

Manuscript received 30.09.2024

Accepted 15.02.2025

Published 30.06.2025

ВВЕДЕНИЕ

Морские трубопроводы систем подводной добычи углеводородов весьма разнообразны как по назначению, так и по техническим характеристикам. Как и для любого сооружения, в процессе работы может возникнуть потребность в ремонте по широкому кругу причин.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Существует ряд методов, позволяющих выполнить ремонт морских трубопроводов:

- ремонт обетонированного участка подводного трубопровода наложением муфты на поврежденный участок трубопровода и заполнением ее полости композиционным герметизирующим полимеризующимся составом [1];
- использование устройства для восстановления глубинных трубопроводов, которое состоит из стыковочного аппарата с хомутами для крепления на трубе части нового трубопровода. После надежного прикрепления соединительной муфты части нового трубопровода и включения задвижки в работу платформа с подводной структурой присоединяется к части нового трубопровода [2];
- применение комплекса оборудования для сварки морских трубопроводов, состоящего из установленных на плавучем судне узла захвата конца укладываемого трубопровода, узла подачи отдельных труб, узла сварки, манипулятора, узла зачистки наружных поверхностей торцов отдельных труб, внутреннего центриатора, узлов снятия наружного и внутреннего грата. Внутренний центриатор выполнен с возможностью изменения расстояния между его центрирующими домкратами и снабжен механизмом продольного перемещения и прижатия отдельной трубы к концу плети трубопровода [3];
- извлечение и ремонт шельфовых трубопроводов [4, 5];
- использование подводного комплекса для ремонта подводных трубопроводов [6, 7];
- соединение участков морского трубопровода методом надводного захлеста [8].

Виды и способы ремонтных работ характеризуются весьма значительным диапазоном параметров в зависимости от конкретных условий, что обуславливает необходимость использования широкого спектра применяемых методов. В статье предложен метод ремонта подводного морского трубопровода,

поврежденного до полного разрыва трубы, диаметром более среднего, при условии возможности поднятия над поверхностью воды обоих концов трубопровода в месте повреждения, т.е. ремонт без необходимости сварки под водой, которая не всегда обеспечивает необходимое качество соединения и является очень капиталоемким мероприятием.

ПРЕДЛОЖЕН НОВЫЙ СПОСОБ РЕМОНТА ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ БЕЗ СВАРКИ ПОД ВОДОЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЛАНЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИ УСЛОВИИ ВОЗМОЖНОСТИ ПОДНЯТИЯ НАД ПОВЕРХНОСТЬЮ ВОДЫ ОБОИХ КОНЦОВ ТРУБОПРОВОДА В МЕСТЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ.

Предложено использовать фланцевое соединение и оснащение концов поврежденного трубопровода понтонами. Полная схема выполнения работ описана далее.

1. Проводится расчет поднятия одного окончания трубы с использованием специализированного программного обеспечения. При этом определяются усилия, возможности для его осуществления и выбор соответствующего специализированного судна; определяются грузоподъемность, количество и расположение понтонов (при необходимости).
2. Проектируются и изготавливаются фланцы и болтовое соединение исходя из условия равнопрочности фланцевого соединения и трубы.
3. Если труба полностью не разделена, в месте повреждения ее разрезают и одно окончание, оснащённое понтонами, поднимают на трубоукладочное судно (ТУС). В другом случае ее поднимают на поверхность и отрезают поврежденную часть.
4. Приваривают один фланец, при необходимости покрывают внутреннюю поверхность трубы изоляционным покрытием и опускают эту часть трубопровода на дно, на опору, где она должна быть зафиксирована.
5. Поднимают вторую часть поврежденного участка, оснащённую понтонами, отрезают поврежденный участок, удлиняют его с некоторым запасом до места стыковки.
6. Укладывают со смещением на регулирующую опору вдоль первой части и отмечают место реза для второй части трубопровода с учетом необходимости приварки фланца и установки уплотнения.
7. Поднимают вторую часть трубопровода над водой, отрезают излишек трубы, приваривают фланец, при необходимости

покрывают внутреннюю поверхность трубы гладкостным покрытием, завинчивают болты, чтобы они не выходили из фланца, опускают и устанавливают встык с первой частью.

8. Устанавливают уплотнение, собирают фланец; на небольших глубинах с помощью водолазов, на больших — с помощью телеуправляемого необитаемого подводного аппарата (ТНПА).
9. Надевают на фланец металлический чехол и заливают фланец герметизирующей смесью под давлением.

На этом ремонт поврежденного участка заканчивается, что позволяет перейти к испытаниям либо ремонту следующего участка. Следует отметить, что рассмотренный метод применим не только для ремонта трубопроводов систем подводной добычи (СПД), но и для других стальных морских трубопроводов значительного диаметра.

Для определения возможности использования предлагаемых решений значительный интерес представляет предварительная оценка затрат. Рассмотрена предварительная оценка на примере условного подводного трубопровода. Все исходные данные приняты из открытых источников.

РЕМОНТ БЕЗ ПОДВОДНОЙ СВАРКИ

Исходные данные**. Технические аспекты

- Количество ниток, подлежащих ремонту, — 1 нитка.
- Глубина моря ≈ 200 м.
- Внутренний диаметр газопровода на участке ремонта 1 153 мм.
- Давление в газопроводе 200 бар.
- Толщина стенки 34–27 мм.
- Толщина обетонирования 90 мм.
- Общая протяженность нитки 550 км.
- Грузоподъемность понтонов ≈ 3 000 тонн.
- Объем газа для одной нитки ≈ 100 000 000 м³.

** — данные подлежат уточнению

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Подготовительные работы

- Аренда ТУС 30 дней.

- Аренда краново-монтажного судна 30 дней.
- Разработка изготовления ТНПА 180 дней.
- Изготовление опор 60 дней.
- Аренда гидромонитора 30 дней.
- Изготовление фланцев 2 шт. (один с резьбой под болты, второй с отверстиями диаметром на 3–4 мм больше, чем диаметр болта), болтов с коническим окончанием.
- Изготовление понтонов (общая грузоподъемность 3000 тонн).
- Проработка концептуального подхода и изготовление модели стыка в натуральный размер и испытание.

Морские операции

- Установка понтонов.
- Установка опор на дне 2 шт.
- Подъем и отрезка поврежденного участка трубы на одном конце в 2 приема 3 сут. Процесс подъема схематично представлен на **рис. 1**.
- Приварка первого фланца, изоляция внутренней поверхности трубы (при необходимости), частичное завинчивание болтов. Опускание первого участка трубы на опору.
- Подъем и отрезка поврежденного участка трубы на 2-м конце в 2 приема — 4 суток.
- Опускание плети на дно.
- Замер длины наращиваемого участка 2 дня.
- Подъем участка трубы на втором конце.
- Нарращивание на ТУС участка трубы.
- Опускание конца плети.
- Замер зазора между плетями.
- Подъем плети.
- Приварка фланца, изоляция внутренней поверхности (при необходимости). Продолжительность работ по пп. 8–13 суммарно 7 дней.
- Опускание плети на дно предварительно, подгонка стыка 3 дня (**рис. 2**).
- Размывка участка стыковки гидромонитором для обеспечения доступа ТНПА.
- Регулировка положения плетей. Окончательная стыковка 2 дня. Для обеспечения соосности регулируют положение второй плети в горизонтальной плоскости

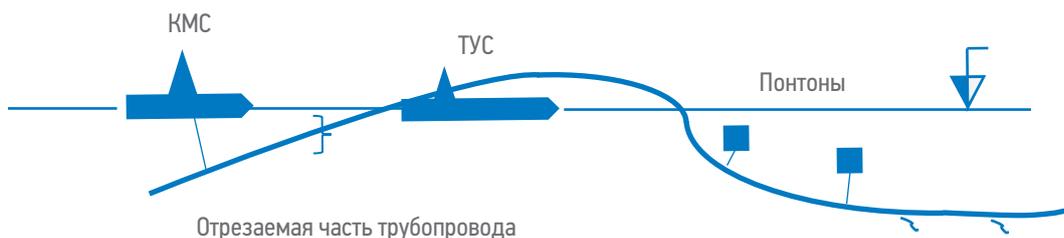


Рис. 1. Подготовка одного конца плети к стыковке. Составлено авторами

Fig. 1. Preparation of one section of the pipeline to join with another one. Prepared by the authors

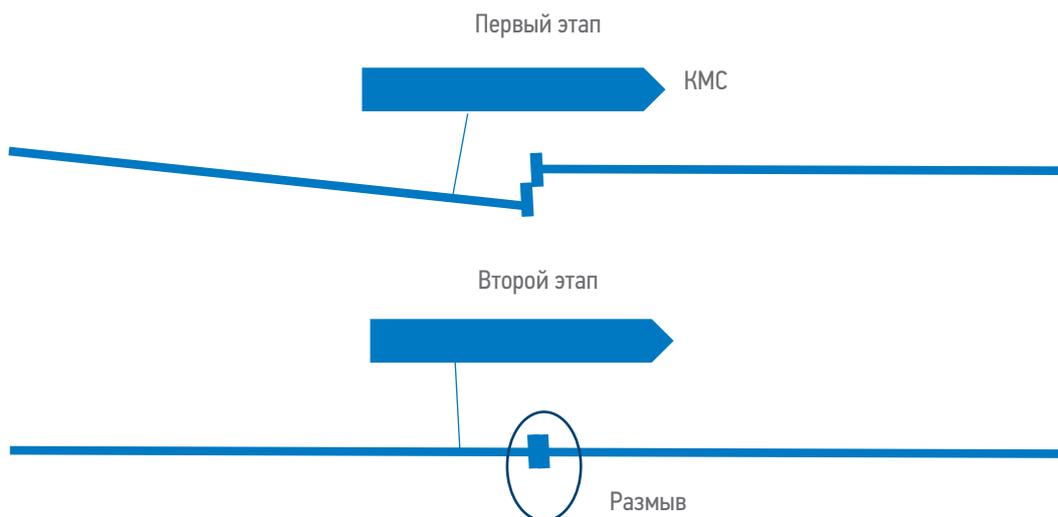
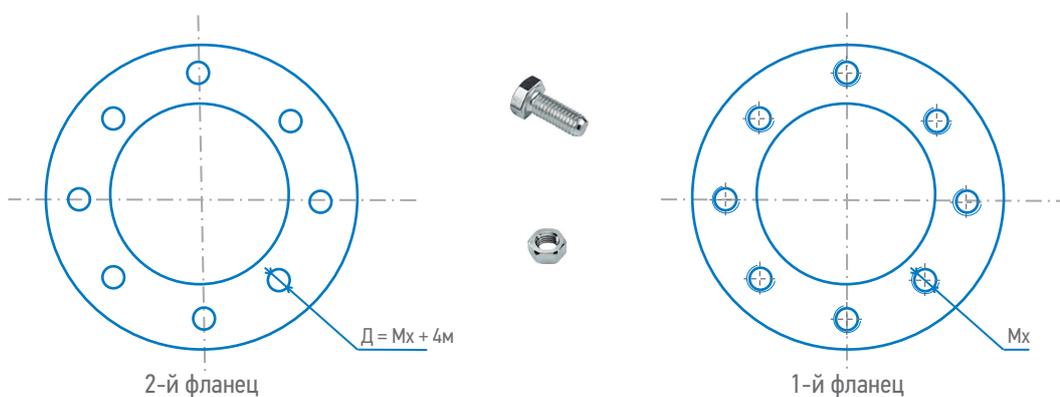


Рис. 2. Стыковка плетей. Составлено авторами
Fig 2. The joining of the pipeline's sections. Prepared by the authors



* x определяется расчетом

Рис. 3. Фланцы, крепеж. Составлено авторами
Fig. 3. Flanges, fasteners. Prepared by the authors

и по вертикали. Довинчивание болтов. Навинчивание и затяжка гаек (**рис. 3**).

- Герметизация стыка заливкой специальной смеси с использованием ТНПА. Заполнение полости расширяющимся пластифицированным наполнителем (цементом) с последующим его уплотнением путем повышения давления в полости.

Испытания

- Запуск средств очистки и диагностики.
- Проведение испытаний 7 дней.
- Объем газа для заполнения предварительно 370 млн м³.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Предложен метод осуществления ремонта подводных трубопроводов без сварки под поверхностью воды, в основе использования фланцевого соединения.

ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

- Контрактные процедуры 17 мес.
- Разработка проектной документации, экспертиза, согласование 9 мес.
- Разработка ТНПА, испытания 8 мес.
- Контрактование судов, изготовление оборудования и оснастки 8 мес.
- Разработка рабочей документации, включая проект производства работ, 5 мес.
- Изготовление и испытание модели стыка 2 мес.
- Ремонт 3 мес.
- Испытание 3 мес.

Укрупненная дорожная карта представлена на **рисунке 4**.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Предложен метод осуществления ремонта подводных трубопроводов СПД и других систем морских трубопроводов



Рис. 4. Укрупненная дорожная карта. Составлено авторами
Fig. 4. Consolidated road map. Prepared by the authors

- без сварки под поверхностью воды, в основе которого лежит фланцевое соединение.
- Сформулирован полный комплекс работ, обеспечивающий ликвидацию повреждения.
 - Предложенный метод позволяет осуществить изоляцию стыка внутри трубы.
 - Рассмотрено применение предложенного метода для возможного ремонта условного трубопровода.
 - Предварительное рассмотрение технических аспектов предложенного метода ремонта морских трубопроводов показало

реальную возможность осуществления, однако для получения полноценных результатов требуются дополнительные работы.

Имеются реальные предпосылки для реализации:

- Внедрение может быть осуществлено в рамках приоритетных направлений проектов технологического суверенитета РФ.
- Реализация приведённых положений позволит расширить компетенции РФ в части как морских трубопроводов, так и систем подводной добычи.

Список литературы

1. Способ ремонта обетонированного участка подводного трубопровода и устройство для его осуществления. Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU2619954C1_20170522?ysclid=llcp1hw2sq443945998
2. Устройство для восстановления разрушенных глубинных трубопроводов. Режим доступа: <https://www.freepatent.ru/patents/2468274>
3. Комплекс оборудования для сварки морских трубопроводов. Патент 2544620. Режим доступа: <https://patentdb.ru/patent/2544620?ysclid=llcp8guaei767614497>
4. Recovery and repair of offshore pipelines. Режим доступа: <https://patents.google.com/patent/US3751932A/en>
5. Recovery and repair of offshore pipelines. Режим доступа: <https://patents.google.com/patent/ES418606A1/en>
6. Патент на изобретение RU2481438C2. Режим доступа: <https://patenton.ru/patent/RU2481438C2>
7. Патент на изобретение RU2325578C1. Режим доступа: <https://patenton.ru/patent/RU2325578C1>
8. Что с Черским? На российском краново-монтажном трубоукладочном судне произошел инцидент. Режим доступа: <https://nelegaz.ru/news/Suda-i-sudostroenie/796151-cto-s-cherskim-na-rossiyskom-kranovo-montazhnomtruboukladochnom-sudne-proizoshel-incident/>
9. Понтоны и причалы в России. Режим доступа: <https://promportal.su/g/47713/pontoni-i-prichali/>

References

1. A method for repairing a concreted section of an underwater pipeline and a device for its implementation. Access mode: https://yandex.ru/patents/doc/RU2619954C1_20170522?ysclid=llcp1hw2sq443945998
2. A device for restoring destroyed deep-water pipelines. Access mode: <https://www.freepatent.ru/patents/2468274>
3. A set of equipment for welding offshore pipelines. Patent 2544620. Access mode: <https://patentdb.ru/patent/2544620?ysclid=llcp8guaei767614497>
4. Recovery and repair of offshore pipelines. Access mode: <https://patents.google.com/patent/US3751932A/en>
5. Recovery and repair of offshore pipelines. Access mode: <https://patents.google.com/patent/ES418606A1/en>
6. Patent for the invention RU2481438C2. Access mode: <https://patenton.ru/patent/RU2481438C2>
7. Patent for the invention RU2325578C1. Access mode: <https://patenton.ru/patent/RU2325578C1>
8. What about Chersky? An incident has occurred on a Russian crane-mounting pipe-laying vessel. Access mode: <https://nelegaz.ru/news/Suda-i-sudostroenie/796151-cto-s-cherskim-na-rossiyskom-kranovo-montazhnomtruboukladochnom-sudne-proizoshel-incident/>
9. Pontoons and berths in Russia. Access mode: <https://promportal.su/g/47713/pontoni-i-prichali/>

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

В.В. Бесхижно — разработал общую концепцию статьи, подготовил текст статьи, подготовил рисунки к статье, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Vladislav V. Beskhizhko — developed the article general concept, prepared the text of the article, prepared the figures for the article, approved the final version of the article and accepted the responsibility for all aspects of the work.

Ю.В. Бесхижко — приняла участие в подготовке разделов, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

А.И. Ермаков — принял участие в редактировании разделов и заключения, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Yulia V. Beskhizhko — took part in editing of the article main parts, approved the final version of the article and accepted the responsibility for all aspects of the work.

Alexander I. Yermakov — took part in editing of the article main parts and conclusion, approved the final version of the article and accepted the responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Владислав Валерьевич Бесхижко — кандидат технических наук, доцент

Юлия Владиславовна Бесхижко* — главный инженер проекта, Группа компаний «Газпром нефть»
190000, Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Почтамтская, д. 3–5.
e-mail: ProNeft@gazprom-neft.ru

Александр Иванович Ермаков — доктор технических наук, профессор

Vladislav V. Beskhizhko — Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor

Yulia V. Beskhizhko* — Project manager, Gazprom
neft company group
3–5, Pochtamtorskaya str., 190000, Saint Petersburg,
Russia.
e-mail: ProNeft@gazprom-neft.ru

Alexander I. Ermakov — Dr. Sci. (Eng.), Professor

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author