



© Коллектив авторов,
2024



УДК 622.276.05:678.8
<https://doi.org/10.51890/2587-7399-2024-9-2-130-135>

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕНЫ СТАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОБУСТРОЙСТВА НА ЭЛЕМЕНТЫ ОБУСТРОЙСТВА ИЗ ПКМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕДОБЫЧИ

**А.С. Ровбо^{1,*}, С.Б. Ермаков¹, И.Д. Карпов¹, Е.Г. Койнов², Р.А. Панов²,
Н.О. Шапошников³**

¹Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого, НТК «Новые технологии и материалы», РФ, Санкт-Петербург

²Группа компаний «Газпром нефть», РФ, Санкт-Петербург

³Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого, Научно-образовательный центр «Газпромнефть-Политех», РФ, Санкт-Петербург

Электронный адрес: ProNeft@gazprom-neft.ru

Введение. В настоящей статье рассматривается актуальная тема внедрения полимер-композитных материалов (ПКМ) в нефтегазовую отрасль. В условиях совместной работы СПбПУ НТК «Новые технологии и материалы» с ВИНК решаются вопросы использования ПКМ для существующих задач в условиях холодного климата. На сегодняшний день основной вызов заключается в отсутствии стандартов и нормативно-технической документации, как в России, так и в мировой практике, а также в отсутствии комплексного реинжиниринга процессов.

Цель. Осветить проблематику отсутствия стандартов и НТД, а также комплексного реинжиниринга процессов.

Материалы и методы. В статье представлен обзор нормативно-технической документации. Для решения обозначенной проблемы предлагается реализовать ряд этапов, включая создание риск-ориентированных расчетов, типизацию основных конструкций из ПКМ, проведение реинжиниринга процессов и создание базы знаний о ПКМ. База данных включает в себя результаты испытаний типовых конструкций, а также информацию обо всех российских поставщиках и производителях ПКМ.

Результаты. Авторы считают, что массовое внедрение ПКМ в нефтегазовую отрасль позволит решить множество текущих проблем и будет способствовать повышению эффективности и безопасности процессов добычи и транспортировки нефтяного сырья.

Заключение. По результатам анализа в основных действующих нормативных документах не выявлены требования, препятствующие применению изделий из композитных материалов на нефтегазовых объектах, но в то же время отмечено, что текущие НТД описывают не все факторы, которые могут влиять на возможность эксплуатации данных изделий. Необходимо массовое внедрение ПКМ в нефтегазовую отрасль, что способствует повышению эффективности и безопасности процессов добычи и транспортировки нефтяного сырья.

Ключевые слова: полимер-композиционные материалы, нормативно-техническая документация, база знаний, риск-ориентированный расчет, типизация конструкций, реинжиниринг

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ровбо А.С., Ермаков С.Б., Карпов И.Д., Койнов Е.Г., Панов Р.А., Шапошников Н.О. Оценка возможности замены стальных элементов обустройства на элементы обустройства из ПКМ для производственных процессов на объектах нефтедобычи. ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. 2024;9(2):130–135. <https://doi.org/10.51890/2587-7399-2024-9-2-130-135>

Статья поступила в редакцию 26.03.2024

Принята к публикации 30.04.2024

Опубликована 28.06.2024

ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF REPLACING STEEL COMPONENTS IN THE
INFRASTRUCTURE WITH COMPONENTS MADE OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS FOR
INDUSTRIAL PROCESSES AT OIL PRODUCTION FACILITIES

**Anna S. Rovbo^{1,*}, Sergei B. Ermakov¹, Ivan D. Karpov¹, Evgenii G. Koinov², Roman A. Panov²,
Nikita O. Shaposhnikov³**

¹Saint Petersburg Peter the Great Polytechnic University, Scientific and technological complex «New technologies and materials», RF, Saint Petersburg

²Gazprom oil company group, RF, Saint Petersburg

³Saint Petersburg Peter the Great Polytechnic University, Gazpromneft-Politech Research and Education Center, RF, Saint Petersburg, Russia

E-mail: ProNefT@gazprom-neft.ru

Introduction. The present article deals with the actual topic of polymer composite materials (PCM) implementation in the oil and gas industry. In the conditions of joint work of SPbPU STC "New Technologies and Materials" with VINK the issues of using PCM for existing tasks in cold climate conditions are solved. To date, the main challenge is the lack of standards and regulatory and technical documentation, both in Russia and in the world practice, as well as the lack of comprehensive process re-engineering.

Objective. To highlight the problem of the lack of standards and normative and technical documentation, as well as the lack of complex process reengineering.

Materials and methods. The article presents a review of normative and technical documentation. To solve the identified problem it is proposed to implement a number of steps, including the creation of risk-oriented calculations, typification of basic PCM structures, process re-engineering and creation of PCM knowledge base. The database includes test results of typical structures, as well as information about all Russian suppliers and manufacturers of PCM.

Results. The authors believe that mass introduction of PCM in the oil and gas industry will solve many current problems and will contribute to the efficiency and safety of oil production and transportation processes.

Conclusion. According to the results of the analysis in the main current normative documents there are no requirements preventing the application of products from composite materials at oil and gas objects, but, at the same time, it is noted that the current NTDs describe not all the factors that can affect the possibility of operation of these products. It is necessary to mass introduction of PCM in the oil and gas industry that will contribute to the increase of efficiency and safety of the processes of production and transportation of oil raw materials.

Keywords: polymer composite materials, standard technical documents, knowledge base, risk-oriented calculation, standardization of constructions, reengineering

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Rovbo A.S., Ermakov S.B., Karpov I.D., Koinov E.G., Panov R.A., Shaposhnikov N.O. Assessment of the feasibility of replacing steel components in the infrastructure with components made of polymer composite materials for industrial processes at oil production facilities. PRONEFT. Professionally about oil. 2024;9(2):130–135. <https://doi.org/10.51890/2587-7399-2024-9-2-130-135>

Manuscript received 26.03.2024

Accepted 30.04.2024

Published 28.06.2024

ВВЕДЕНИЕ

Основным преимуществом применения ПКМ для производства конструкций объектов инфраструктуры нефтегазовой отрасли является возможность получения требуемых физико-механических и функциональных свойств материалов в конструкции благодаря сочетанию технологий производства, свойств материала. Свойства ПКМ обеспечивают прочность и стойкость конструкции к воздействию факторов окружающей среды — суточных и сезонных перепадов температуры и влажности, воздействию ультрафиолета и других факторов [1]. Применение композитных материалов в различных сферах промышленности, таких как машиностроение, авиация и судостроение, открывает перед нами новые перспективы и расширяет область применения полимерных композиционных материалов при производстве различных изделий, оборудования и объектов инфраструктуры. Нефтегазовая отрасль предъявляет повышенные требования к материалам, так как оборудование работает в условиях высокого давления и температур. Дополнительно стоит упомянуть и про воздействие вибраций. Высокие нагрузки, часто в сочетании с наличием агрессивных и коррозионно-активных

компонентов (сероводород, водород и хлористые соли), разрушают оборудование. Применение композитных материалов поможет справиться с высокими стандартами отрасли для материалов, что особенно важно, учитывая увеличение доли удаленных месторождений в северной зоне России [2]. Применение композитных материалов требуется практически на всех этапах добычи углеводородного сырья [3]:

- Системы сбора нефти и газа.
- Системы поддержания давления в пласте.
- Системы транспортировки нефти и газа по магистралям, включая морские перевозки углеводородов, в том числе, сжиженного природного газа.
- Системы распределения сырья и продуктов до конечного потребителя.

АКТУАЛЬНОСТЬ И ПРОБЛЕМАТИКА

Развитие направления «композиционные материалы» ориентировано на уменьшение времени строительства, снижение операционных расходов, увеличение срока службы инфраструктуры. Компания ООО «Татнефть-Пресскомпозит» уже предпринимает первые шаги

по внедрению композиционных материалов в нефтегазовой отрасли [4]. Тем не менее в настоящее время композиты применяются недостаточно широко по трем основным причинам:

- Отсутствует нормативно-техническая документация и опыт проектирования нефтегазовых объектов из композитов.
- Отсутствует опыт строительно-монтажных работ композитных конструкций.
- Отсутствуют эффективные способы ремонта и утилизации композитных конструкций.

Кроме того, отсутствует централизованная база данных, способная подтвердить эффективные решения с применением полимерных композиционных материалов, кроме того, требуется разработка методологии для оценки применения полимерных композиционных материалов в нефтегазовой инфраструктуре, что включает в себя решение следующих задач:

- Проведение анализа существующей нормативно-технической документации в области полимерных композиционных материалов.
- Оценка работоспособности материалов в условиях нефтегазовой среды.
- Исследование технологий производства композиционных материалов и конструкций из них.
- Анализ оборудования, используемого при работе с композиционными материалами, а также критериев выбора технологии производства.
- Проведение лабораторных и полевых испытаний композитов в условиях эксплуатации.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ НТД НА ПРИМЕНЕНИЕ ПКМ В ИНФРАСТРУКТУРЕ

В рамках выполненной работы был проведён анализ отечественной и международной нормативно-технической документации на разные группы изделий из ПКМ, такие как трубы и фитинги, ёмкости, опоры, секции настилов и профили. Было отмечено, что практически во всей рассмотренной документации присутствуют обязательные разделы: технические требования, требования безопасности, правила приемки, условия транспортировки и хранения, требования маркировки, методы контроля в разной степени объёма. При этом в документации отсутствует единая структура, данные об одинаковых характеристиках могут находиться в разных разделах, некоторые необходимые

разделы могут отсутствовать или находиться в составе другого раздела, на схожие элементы могут быть указаны разные требования и характеристики. В рассмотренных НТД имеются ссылки на часто уже неактуальную документацию, отсутствуют методы контроля конкретно для ПКМ.

Нефтегазовые объекты работают в экстремальных условиях, поэтому в НТД на применимые в ней элементы важно учитывать большое количество факторов для достижения максимальной эффективности и безопасности. В существующей документации зачастую учитываются не все факторы, воздействующие на изделие в ходе эксплуатации, и из рассмотренных документов ни один не содержит все нужные требования. Следует учитывать воздействие природных факторов, агрессивных сред, а также факторы пожарной безопасности и электрические параметры, возможные случайные ударные нагрузки, воздействие на изделие ультрафиолета, сейсмические факторы [5]. Ни в одном документе нет требований к технологии изготовления изделий, что имеет большое влияние на их характеристики, также нет точных требований к составу изделий. Предприятия нефтегазодобывающей отрасли имеют большой объем веществ повышенной горючести и взрывоопасности, поэтому важно в нормативной документации указывать значения характеристик пожарной опасности материалов. В нормативной документации отсутствуют требования по совместимости элементов из ПКМ с другими элементами на нефтегазовых объектах (например, если они подвергаются тепловому воздействию, имеют повышенную пожарную опасность и т.д.). Исходя из недостаточности параметров, указанных в НТД, можно сделать вывод и о недостаточности методик контроля изделий из ПКМ. Существует множество методов испытаний ПКМ на определение механических характеристик [6], но зачастую точность методологии испытаний невысока, что может приводить к существенной разнице в методах проведения испытаний и получаемых результатах. НТД практически не оценивает долговременные характеристики изделий, при этом изделия из ПКМ подвержены старению, что со временем приводит к изменению их свойств. В документации отсутствуют методы оценки свойств в зависимости от срока эксплуатации и видов воздействий [7]. Стоит отметить в целом отсутствие методик для определения некоторых параметров для ПКМ, в документации имеются ссылки на методы для других элементов, которые могут не подходить для оценки свойств ПКМ.

ПОДХОДЫ К ВЫБОРУ ПКМ

Основной путь решения проблемы НТД заключается в исправлении нормативной документации, что позволит обеспечить стандартизацию и унификацию в области безопасности, однако это сложный процесс, особенно для больших и многокомпонентных систем. Альтернативный путь представляет собой проведение ряда исследований по огнестойкости, доказывающие безопасность применения того или иного ПКМ.

Выбор ПКМ и решение проблемы, связанной с нормативно-технической документацией (НТД) по альтернативному пути, должен включать в себя такие подходы, как риск-ориентированные расчеты, типизация конструкций и реинжиниринг. Риск-ориентированные расчеты позволяют оценить степень риска и выбрать ПКМ исходя из уровня возможных опасностей и их последствий. Этот метод требует комплексных исследований, включая анализ рисков и вероятностей, и проведение лабораторных испытаний, которые позволят быстро и эффективно оценить безопасность выбранного материала по критерию огнестойкости. Типизация конструкций позволит сформировать общие требования к ПКМ для типовых конструкций, что поможет снизить сложность выбора материалов и значительно упростить процесс соблюдения НТД для стандартных случаев. Однако этот метод не всегда позволяет учитывать уникальные особенности конкретных проектов. Реинжиниринг как метод предполагает пересмотр и улучшение существующих конструкций с использованием ПКМ, что позволит привести к оптимизации конструкций с точки зрения безопасности и эффективности. Однако процесс реинжиниринга может быть трудоемким.

В зависимости от конкретных условий месторождения и решения проблемы с НТД можно применять разные подходы и комбинировать их для достижения поставленных целей.

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ

В рамках совместной работы СПбПУ НТК «Новые технологии и материалы» с ВИНК решаются вопросы использования ПКМ для существующих задач в условиях холодного климата. Для достижения поставленных задач разработана обширная база данных (БД), которая включает в себя формирование базовых требований к ПКМ применительно к нефтегазовой инфраструктуре, к механическим, физико-химическим и теплофизическим свойствам ПКМ, методам испытаний,

которые необходимы для принятия решения о применении определённого типа ПКМ, результатам испытаний ПКМ, типовым конструкциям из ПКМ, производителям ПКМ в России и в странах СНГ, отечественной нормативной документации на испытания ПКМ,

ДЕЙСТВУЮЩАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ В СФЕРЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПКМ НЕ СОДЕРЖИТ ВСЕХ ВАЖНЫХ ФАКТОРОВ И ТРЕБОВАНИЙ К ПРОВЕРКЕ ИЗДЕЛИЙ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ.

требованиям по промышленной и пожарной безопасности и данные о свойствах ПКМ после лабораторных испытаний.

Основные методы испытаний включают в себя исследования при статическом (испытания на одноосное статическое растяжение) и динамическом (испытания на ударный изгиб) воздействиях. Все испытания на сегодняшний день проводятся в соответствии с требованиями следующих стандартов:

- ГОСТ 14359–69 «Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования»;
- ГОСТ 4647–2015 «Пластмассы. Методы определения ударной вязкости по Шарпи»;
- ГОСТ 16782–92 «Пластмассы. Метод определения температуры хрупкости при ударе»;
- ГОСТ 11262–80 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение»;
- ГОСТ 26277–84 «Пластмассы. Общие требования к изготовлению образцов способом механической обработки».

При этом следует оговориться, что представленные результаты распространяются только на образцы, подвергнутые испытаниям, а не на изделия из ПКМ, которые на данном этапе не исследовались. Поэтому для подтверждения способности материалов сохранять работоспособность в ходе длительной эксплуатации и выдерживать при этом внешние климатические воздействия требуется проведение дополнительных натурных исследований.

ВЫВОДЫ

Была проанализирована существующая научно-техническая документация в сфере изделий из ПКМ нефтегазового назначения. По результатам анализа в основных действующих нормативных документах не выявлены требования, препятствующие применению изделий из композитных

материалов на нефтегазовых объектах, но в то же время отмечено, что текущие НТД описывают не все факторы, которые могут влиять на возможность эксплуатации данных изделий. Была проанализирована международная НТД для изделий нефтегазовой отрасли различных организаций по стандартизации: ISO, CEN, API, ASTM. При определении критериев оценки

работоспособности принят вывод о создании базы данных для выбора композиционных материалов под определенные конструкции. Массовое внедрение ПКМ в нефтегазовую отрасль представляет собой решение множества текущих проблем и способствует повышению эффективности и безопасности процессов добычи и транспортировки нефтяного сырья.

Список литературы

1. Chin J.W., Aouadi K., Nguyen T. Effects of environmental exposure on fiber reinforced plastic materials used in construction. *J Compos Tech Res.* 1997. № 19. С. 205–213.
2. Габова М.А. Применение композиционных материалов при добыче нефти и газа. Вестник университета. 2012. № 10. С. 88–92.
3. Перспективы отечественных нефтекомпаний в области производства композитных материалов. Нефть и Жизнь, 2022. №2. 52 с.
4. Новый материал на необъятном рынке: Татнефть-Пресскомполит совершает прорыв в сфере кабеленесущих систем. Оборудование, услуги, материалы. Neftegaz.RU. URL: <https://neftegaz.ru/science/Oborudovanie-uslugi-materialy/331431-novyy-material-na-neobyatnom-rynke-tatneft-pesskompozit-sovershaet-proryv-v-sfere-kabelenesushchikh/>
5. Бородай С.П., Козлов С.Д., Летин А.Н., Розум Л.И., Шедько С.В. Пожарная опасность судовых корпусных конструкций из полимерных композиционных материалов и пути ее снижения. Труды Крыловского государственного научного центра. 2021. № 2(396). Р. 73–84. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pozharnaya-opasnost-sudovyh-korpusnyh-konstruktsiy-iz-polimernyh-kompozitsionnyh-materialov-i-puti-ee-snizheniya> (дата обращения: 29.10.2023).
6. Hawileh R.A., Abu-Obeidah A., Abdalla J.A. Temperature effect on the mechanical properties of carbon, glass and carbon-glass FRP laminates. *Constr Build Mater.* 2015. № 75. Р. 342–348.
7. Plota A., Masek A. Lifetime Prediction Methods for Degradable Polymeric Materials—A Short Review. *Materials.* 2020. № 13. Р. 4507.

References

1. Chin J.W., Aouadi K., Nguyen T. Effects of environmental exposure on fiber reinforced plastic materials used in construction. *J Compos Tech Res.* 1997. № 19. Р. 205–213.
2. Gabova M.A. Application of composition materials in oil and gas production, *University Bulletin.* 2012. № 10. Р. 88–92.
3. Prospects of domestic oil companies in the field of composite materials production. *Oil and Life*, 2022, No. 2. 52 p.
4. New material on the immense market: Tatneft-Presscomposite makes a breakthrough in the sphere of cable carrier systems — *Equipment, services, materials* — Neftegaz.RU. — URL: <https://neftegaz.ru/science/Oborudovanie-uslugi-materialy/331431-novyy-material-na-neobyatnom-rynke-tatneft-pesskompozit-sovershaet-proryv-v-sfere-kabelenesushchikh/> (access date: 31.10.2023).
5. Borodai S., Kozlov S., Letin A., Rozum L., Shedko S. Fire risk of hull structures made of polymeric composites and ways to mitigate it. *Transactions of the Krylov State Research Centre.* 2021. Р. 2(396). Р. 73–84 (in Russian). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pozharnaya-opasnost-sudovyh-korpusnyh-konstruktsiy-iz-polimernyh-kompozitsionnyh-materialov-i-puti-ee-snizheniya> (date of reference: 29.10.2023).
6. Hawileh R.A., Abu-Obeidah A., Abdalla J.A. Temperature effect on the mechanical properties of carbon, glass and carbon-glass FRP laminates. *Constr Build Mater.* 2015. № 75. Р. 342–348.
7. Plota A., Masek A. Lifetime Prediction Methods for Degradable Polymeric Materials—A Short Review. *Materials.* 2020, 13, 4507.

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

А.С. Ровбо — исследование, методология, формальный анализ; написание, рецензирование и редактирование текста, визуализация.

С.Б. Ермаков — концептуализация, администрирование проекта.

И.Д. Карпов — администрирование проекта, исследование, методология, формальный анализ; написание, рецензирование и редактирование текста, визуализация.

Е.Г. Койнов — администрирование проекта.

Р.А. Панов — администрирование проекта.

Н.О. Шапошников — администрирование проекта.

Anna S. Rovbo — research, methodology, formal analysis; writing, reviewing and editing the text; visualisation.

Sergei B. Ermakov — conceptualisation, project administration.

Ivan D. Karpov — project administration, research, methodology, formal analysis; writing, reviewing and editing the text; visualisation.

Evgenii G. Koynov — project administration.

Roman A. Panov — project administration.

Nikita O. Shaposhnikov — project administration.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Анна Сергеевна Ровбо* — инженер, Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого, НТК «Новые технологии и материалы»
195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8312-7351>
E-mail: rovboanna@yandex.ru

Сергей Борисович Ермаков — директор Научно-образовательного центра «Северсталь-Политех», Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого, НТК «Новые технологии и материалы»

Иван Дмитриевич Карпов — инженер, Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого, НТК «Новые технологии и материалы»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7474-8463>

Евгений Геннадьевич Койнов — руководитель направления Центр компетенций по капитальному строительству Блок экспертизы и функционального развития, Группа компаний «Газпром нефть»

Роман Алексеевич Панов — директор программ технологического развития функции Инжиниринг, Группа компаний «Газпром нефть»

Никита Олегович Шапошников — кандидат технических наук, директор Научно-образовательного центра «Газпромнефть-Политех», Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого, НТК «Новые технологии и материалы».

Anna S. Rovbo* — Engineer, Saint Petersburg Peter the Great Polytechnic University, Scientific and technological complex «New technologies and materials»
29, Polytechnicheskaya str., Saint Petersburg, 195251.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8312-7351>
E-mail: rovboanna@yandex.ru

Sergey B. Ermakov — Director of the Scientific and Educational Center “Severstal-Polytech”, Saint Petersburg Peter the Great Polytechnic University, Scientific and technological complex «New technologies and materials»

Ivan D. Karpov — Engineer, Saint Petersburg Peter the Great Polytechnic University, Scientific and technological complex «New technologies and materials»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7474-8463>

Evgeny G. Koynov — Head of the direction of the Competence Center for Capital Construction, Block of Expertise and Functional Development, Gazprom нефt company group

Roman A. Panov — Director of the technological development programs function Engineering, Gazprom нефt company group

Nikita O. Shaposhnikov — Cand. Sci. (Eng.), Director of the Scientific and Educational Center “Gazpromneft-Polytech”, Saint Petersburg Peter the Great Polytechnic University, Scientific and technological complex «New technologies and materials».

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author