

УДК 678/691.175

**ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ И КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В
КОНСТРУКЦИЯХ БУНКЕРОВЧНЫХ РУКАВОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ТРУБОПРОВОДОВ ДЛЯ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА**

Шакуров Артур Фанилевич¹, магистрант
e-mail: shakurovartur@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Данная статья направлена на обзор использования полимерных и композитных материалов в производстве бункеровочных рукавов и технологических трубопроводов для судов внутреннего водного транспорта. В объеме статьи проведен краткий анализ основных преимуществ и проблем применения инновационных полимерных композитных материалов на территории России.

Ключевые слова: бункеровочные рукава, технологические трубопроводы, инновации, полимерные и композитные материалы, полиуретан, поливинилхлорид, полиэстер, стеклопластик, углепластик, полипропилен, полиэфирные нити, нефтепродукты, устойчивость к коррозии, химическая стойкость, транспортировка горюче смазочных материалов.

**THE USE OF POLYMER AND COMPOSITE MATERIALS IN THE CONSTRUCTION
OF BUNKERING HOSES AND PROCESS PIPELINES FOR INLAND WATERWAY
VESSELS**

Artur F. Shakurov¹, Master's Degree Student
e-mail: shakurovartur@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. This article is aimed at reviewing the use of polymer and composite materials in the production of bunkering hoses and process pipelines for inland waterway vessels. The article provides a brief analysis of the main advantages and problems of using innovative polymer composite materials in Russia.

Keywords: bunkering hoses, technological pipelines, innovations, polymer and composite materials, polyurethane, polyvinyl chloride, polyester, fiberglass, carbon fiber, polypropylene, polyester yarns, petroleum products, corrosion resistance, chemical resistance, transportation of fuels and lubricants.

1. Введение

Бункеровочные рукава и технологические трубопроводы являются важным элементом в транспортировке различных технологических жидкостей и горюче-смазочных материалов в процессе эксплуатации судов. Их основная функция заключается в обеспечении безопасного и эффективного заполнения и разгрузки трюмов, танков и топливных баков судов. Традиционно эти рукава изготавливались из металлов, что ограничивало их эксплуатационные характеристики.

В последние годы наблюдается тенденция к использованию полимерных и композитных материалов, которые предлагают ряд преимуществ, таких как легкость, коррозионная стойкость и высокая прочность.

2. Обзор полимерных и композитных материалов для изготовления бункеровочных рукавов и технологических трубопроводов

Полимерные и композитные материалы становятся все более популярными в производстве бункеровочных рукавов и технологических трубопроводов благодаря своим уникальным свойствам.

Полимерные материалы представляют собой молекулы, состоящие из повторяющихся структурных единиц, которые обеспечивают разнообразие в их химическом и механическом поведении.

Наиболее часто используемыми полимерными материалами являются полиуретан, поливинилхлорид (ПВХ) и полиэстер. Каждый из них имеет свои уникальные преимущества, что позволяет выбирать оптимальный материал в зависимости от конкретных условий эксплуатации [1].

К ключевым характеристикам полимеров, используемых в бункеровочных рукавах и технологических трубопроводах, относятся:

- **Гибкость:** способность к большим, длительно развивающимся обратимым деформациям. Полимеры могут быть легко модифицированы для достижения необходимой гибкости, что позволяет рукавам и трубопроводам адаптироваться к различным условиям эксплуатации.

- **Стойкость к коррозии:** полимерные материалы не подвержены ржавчине и химической коррозии, что делает их идеальными для работы с агрессивными средами, такими как нефтепродукты и химикаты.

- **Легкость:** полимерные рукава значительно легче своих металлических аналогов, что упрощает их транспортировку и монтаж [2].

- **Долговечность:** некоторые полимеры обладают высокой стойкостью к ультрафиолетовому излучению и механическим повреждениям, что увеличивает срок службы рукавов и трубопроводов.

Композитные материалы представляют собой комбинацию двух или более различных материалов, что позволяет объединять их лучшие свойства и создавать изделия с улучшенными характеристиками [3]. В контексте бункеровочных рукавов и технологических трубопроводов композиты обычно состоят из полимерной матрицы и армирующих волокон, таких как углеродные, базальтовые, стеклянные или кевларовые, что делает их идеальными для транспортировки разных типов грузов [4].

Среди перспективных композитных материалов для бункеровочных рукавов и технологических трубопроводов можно выделить углепластики, применяющиеся в виде наноразмерных компонентов в многослойных композиционных материалах. Они находят применение в производстве благодаря своим уникальным механическим свойствам и энергоэффективности [5].



Есть несколько направлений создания технологических систем с использованием композитных материалов:

- **Применение бипластмасс:** внутренний слой из термопласта (футеровка из полипропилена) обеспечивает герметичность и химическую стойкость изделия, а связанный с ним слой стеклопластика/углепластика необходимую прочность и жёсткость. Наружное покрытие выполняется из полиэстера. В ряде случаев, для упрочения конструкции применяют усиление спиралью либо сеткой из оцинкованной стали или алюминия.

- **Применение стеклопластиков/углепластиков на основе** химически стойких связующих (например, эпоксидных смол). Стеклопластики/углепластики одновременно обеспечивают коррозионную стойкость, прочность и жёсткость изделия.

- **Применение каркаса из полиэфирных нитей**, который помещают в полиуретан. Применяется при производстве конструкций плоскостворачиваемых рукавов. Данные конструкции отличается цельностью, лёгкостью и высокой компактностью при транспортировке [6].

3. Преимущества применения полимерных и композитных материалов в конструкциях бункеровочных рукавов и технологических трубопроводов

Использование бункеровочных рукавов и технологических трубопроводов из полимерных и композитных материалов значительно способствует снижению рисков аварий и инцидентов, приводящих к проливам и утечкам нефтепродуктов. Основные преимущества включают:

- **Высокая прочность при низком весе:** композиты способны обеспечивать высочайшую прочность при значительно меньшем весе по сравнению с традиционными металлами, что делает их идеальными для мобильных технологических систем. Это упрощает их транспортировку и монтаж, что снижает затраты на применение [3].

- **Стойкость к химическим воздействиям и коррозии:** такие трубопроводы обладают исключительными физико-механическими свойствами и химической стойкостью, что важно при эксплуатации в среде нефтепродуктов и в сложных климатических условиях. Полимерные и композитные материалы не реагируют с транспортируемыми веществами, что предотвращает образование отложений и снижает вероятность аварий. Армированные композитные материалы обладают высокой устойчивостью к различным химическим веществам, что увеличивает их срок службы в агрессивных средах. Трубопроводы из неметаллических материалов могут служить до 50 лет и более при минимальном обслуживании [1].

- **Простота эксплуатации:** благодаря высокоэффективным характеристикам и технологии производства, бункеровочные рукава и трубопроводы из полимеров и композитов требуют меньше ухода и имеют более продолжительный срок службы. Это также уменьшает количество отходов, связанных с частой заменой и ремонтом. Имеется возможность прокладки временных незамерзающих трубопроводов в сложных климатических условиях.

- **Экологичность:** бункеровочные рукава и трубопроводы, изготовленные из современных полимеров и композитов, как правило, имеют низкий уровень токсичности и не выделяют вредных веществ. Это снижает риски загрязнения воды и почвы в процессе эксплуатации. Композитные и полимерные материалы обладают высокой стойкостью к коррозии и механическим повреждениям, что снижает вероятность утечек во время транспортировки веществ. Это особенно важно при работе с такими агрессивными веществами как нефтепродукты.



Современные бункеровочные рукава имеют повышенную прочность и надежность. Также они могут обладать положительной плавучестью, что минимизируют аварийные ситуации и напрямую способствует охране природы.

На российском рынке представлены следующие компании, разрабатывающие модели композитных бункеровочных рукавов, обладающих положительной плавучестью:

- ООО "РТ-Групп" предлагает модель "РТ-Бункер Плюс", которая включает в себя армирование стекловолокном, что значительно увеличивает прочность и срок службы изделия. Дополнительно, модель "РТ-Бункер Плюс" оснащена специальной оболочкой с воздушными карманами, что обеспечивает высокую плавучесть. Это позволяет рукаву оставаться на поверхности воды, что особенно важно для работы в портах или при транспортировке тяжелых грузов.

- ООО НПП "Кама" разработала бункеровочный рукав "Кама-Гидро", использующий полиуретановые и полипропиленовые материалы в сочетании с углеволокном. Это обеспечивает высокую стойкость к механическим повреждениям и химическим воздействием. Бункеровочный рукав "Кама-Гидро" сделан с использованием легких композитных материалов и включает специальные плавающие элементы, что позволяет избежать погружения в воду при использовании и упрощает операционные процессы.

- АО НПП "Морская техника" производит модель "Бункер-УК П" используя композитные материалы для обеспечения легкости и коррозионной стойкости. Модель "Бункер-УК П" разработана с учетом положительной плавучести. Использование легких полимеров и встроенных плавательных структур позволяет рукаву оставаться на поверхности, что значительно облегчает его использование.

Также в России присутствует еще целый ряд компаний, которые занимаются производством композитных рукавов для бункеровки судов. Это такие фирмы как: АО ИК «ТехноСистемы», ООО «Балтикфлекс», ООО «Гидроком», ООО «Завод гидравлических соединений» и т.д.

Эти примеры подчеркивают активное применение композитных материалов в российской промышленности и показывают возможности для дальнейшего внедрения и развития технологий, направленных на создание более эффективных и долговечных технологических систем поскольку они способствуют не только повышению эффективности бункеровки, но и защите экологии и поддержанию устойчивого развития, и демонстрируют, как современные технологии и материалы могут обеспечить функциональность и безопасность в процессе бункеровки. Положительная плавучесть бункеровочных рукавов способствует дополнительной безопасности, так как снижает риски затопления и облегчает визуальный контроль их целостности.

4. Проблемы применения полимерных и композитных материалов в конструкциях бункеровочных рукавов и технологических трубопроводов

Несмотря на множество преимуществ, использование полимерных и композитных материалов в производстве бункеровочных рукавов и технологических трубопроводов также сталкивается с рядом проблем:

- **Сложности при проектировании и изготовлении вследствие отсутствия необходимого опыта создания композитных трубопроводов:** для создания конструкций из композитных материалов необходим большой объем теоретических и статистических данных о свойствах материалов и о влиянии транспортируемой и внешней среды на эти свойства.

- **Ограничения по применению материалов:** пластики, полимеры и композиты имеют свои ограничения по физическим характеристикам, которые делают практически невозможным полный переход на пластиковые системы. Кроме того, на данный момент не решена задача контроля труб из неметаллических материалов, так как существует очень



малое количество методик диагностики, за исключением заводского контроля, который осуществляется до поставки Заказчику [7]. В связи с этим отсутствует возможность проведения диагностического обследования смонтированных и эксплуатирующихся бункеровочных рукавов и технологических трубопроводов для определения технического состояния и продления срока эксплуатации.

- **Неоднородность композитных материалов:** нестабильное качество исходных материалов и гетерогенность структуры композитных труб. Это может привести к нарушению герметичности изделий и понижению химической стойкости при длительной эксплуатации. Провести анализ композитных материалов сложно из-за их неоднородности [8].

- **Низкая огнестойкость и горючесть композитных материалов:** это ограничивает использование композитов в судовых конструкциях, в том числе в трубопроводах с горючими средами. В случае разрушения труб во время пожара существует опасность разлива горючей среды. Многие неметаллические материалы не могут выдерживать высокие температуры, что ограничивает их применение в условиях высокотемпературных режимов [9].

- **Уменьшение долговечности под воздействием ультрафиолета:** хотя многие полимеры имеют хорошую устойчивость к различным химическим веществам, некоторые из них могут терять прочность (деградировать) под воздействием ультрафиолетового излучения. Ультрафиолетовые лучи способны привести к разрыву молекулярных цепей полимера. С течением времени под действием погодных условий меняются такие свойства композитных материалов, как прочность на изгиб и жёсткость. Это вызывает необходимость использования химически стойких смол и армирующих материалов, и применения специальных добавок или покрытий для защиты материала. Применение стеклопластиков общего назначения без их защиты химически стойкими термопластами, как правило, приводит к быстрому разрушению изделий [10].

- **Высокая стоимость:** высококачественные композитные материалы обладают значительной стоимостью, что может ограничивать их применение в некоторых секторах. Это создаёт необходимость в поиске баланса между стоимостью и характеристиками.

- **Проблемы с утилизацией:** полимеры и композиты трудны для переработки. В результате многие отработанные полимерные материалы скапливаются на свалках, что вызывает экологические проблемы. Разработка более простых к утилизации материалов является важной научно-исследовательской задачей [9].

- **Уязвимость к механическим повреждениям:** композиты обычно обладают высокой прочностью к статическим нагрузкам, но при этом они могут быть чувствительны к резким механическим ударам и циклическим динамическим нагрузкам. Это требует надлежащего ухода и внимательного обращения при эксплуатации.

- **Сложности в случае необходимости проведения ремонта:** при сварке многослойных труб в процессе их ремонта происходит смешение полимеров, что приводит к нарушению прочностных свойств и может вызвать последующий разрыв трубопровода. Кроме того, практически невозможно обеспечить одинаковость свойств полимерных труб из разных партий из-за различий в качестве материалов труб и разных сроках хранения до сварки. Также, технология ремонта труб и основных типов соединений (особенно при отрицательной температуре) имеет низкую технологичность в полевых условиях и является весьма трудоёмкой. Применяемые в настоящее время разъёмные соединения, такие как резьбовые и раструбные, зачастую не обеспечивают необходимой герметичности и долговечности трубопровода.

- **Законодательные проблемы:** в данный момент в России существуют сложности с нормативно-правовыми актами, регулирующими использование новых материалов.



Отсутствие четких стандартов сертификации для полимерных и композитных изделий затрудняет их внедрение на рынок. Излишне усложнена процедура сертификации готовой продукции. Для производителей достаточно сложно пройти все необходимые этапы сертификации для новых полимерных и композитных материалов, так как стандартные процедуры не всегда могут учесть специфические характеристики новых технологий и материалов.

Также на данный момент существуют ограничения в отношении импортируемых материалов и компонентов, что влияет на их доступность и повышает стоимость.

Для преодоления этих проблем необходимы дополнительные исследования, инновационные разработки в области материаловедения, инициативы, связанные с изменениями в регламентирующих законодательных актах.

Также для надежного и безопасного применения необходимо учитывать качество изготовления труб и условия их работы, исследовать возможные дефекты, возникающие вследствие статических и динамических нагрузок, действующих в процессе эксплуатации трубопровода.

Инвестиции и научные исследования (в том числе с государственным участием) в новые методики производства, конструкции и материалы могут помочь улучшить характеристики продукции, уменьшить конечные затраты на производство бункеровочных рукавов и технологических трубопроводов из полимерных и композитных материалов, и упростить их легализацию на рынке.

5. Заключение

Использование полимерных и композитных материалов в производстве бункеровочных рукавов и технологических трубопроводов открывает новые горизонты для улучшения функциональности, долговечности и безопасности этих изделий и техпроцессов. Применение полимеров и композитов снижает риск аварий и утечек, обеспечивая высокую прочность при малом весе, улучшенную химическую стойкость и коррозионную устойчивость. Композиты легко формуются, просты в обслуживании и монтаже, устойчивы к внешним воздействиям и экологически безопасны.

Однако реализация таких инноваций сталкивается с рядом проблем, включая высокие затраты на создание новых материалов, необходимость соблюдения законодательства и сложных процедур сертификации. Также важны вопросы экологии и утилизации, так как многие полимеры и композиты трудны для переработки.

Несмотря на эти проблемы, применение полимерных и композитных материалов для бункеровочных рукавов и технологических трубопроводов представляет собой перспективное направление, которое требует дальнейшего изучения и проработки, чтобы преодолеть существующие вызовы и реализовать весь потенциал этих инновационных решений.

Список литературы:

1. Мельникова М.А. Полимерные материалы: свойства, практическое применение: Учебное пособие / М.А. Мельникова. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2013 –86 с.
2. Терещенко И.А., Ханюченко Н.Д., Мунтян В.С., Скиба А.С., Альховиков В.А., Гаргат В.М., Пономаренко П.Д. [Разработка полимерных труб с высокими механическими показателями](#). В сборнике: REFERATOTECH. Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. Краснодар, 2020. С. 161-165.



