

JUSTIFICATION FOR THE USE OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS IN THE MANUFACTURE OF MARINE OIL TANKS

M. A. Meleshin¹, Ali Salamekh², V. A. Mamontov³

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

² Caspian Institute of Sea and River Transport after General-Admiral F. M. Apraksin,
Branch of Volga State University of Water Transport, Astrakhan, Russia

³ Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

This article addresses the issue of determining the ability of marine diesel oil to penetrate into the structure of a composite material made with reinforcing glass fabrics and a polyester binder. The penetration capability is assessed by measuring the weight change of samples cut from a standard plate of polymer composite material before and after immersion in a container with marine diesel oil for a specified duration. A low penetration rate of diesel oil into this material has been established, depending on its structure—specifically, on the arrangement of reinforcing materials and whether or not the edges were treated with polyester resin after cutting from the standard plate. The mechanical properties (tensile, compressive, and flexural strength) of the composite material after removal from diesel oil are reported. This study also examines how processing the ends of cut samples with polyester resin affects marine diesel oil penetration into polymer composite structures. The influence of sample layering (glass wool and roving fiberglass) in a liquid medium (diesel oil) on mechanical characteristics during bending, stretching, and compression is analyzed. The article presents research findings that demonstrate a direct correlation between ultimate strength, breaking force, and the number of roving layers in polymer composite materials treated with polyester resin. Experimental results reveal how diesel oil penetrates composite materials, altering their mechanical properties upon immersion in a liquid medium. Findings from an experimental study on various reinforcement schemes confirm the feasibility of using these materials in ship hull structures. Specifically, these materials are recommended for manufacturing marine tanks designed for storing diesel oil.

Keywords: marine tanks, marine diesel oil, reinforcing material, binding element, tensile strength, testing equipment, applied load, destructive load.

For citation:

Meleshin, Maksim A., Ali Salamekh and V. A. Mamontov “Justification of the use of polymer composite materials for the manufacture of marine oil tanks.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 17.2 (2025): 271–281. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-2-271-281.

УДК 629.12

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СУДОВЫХ МАСЛЯНЫХ ЦИСТЕРН

М. А. Мелешин¹, А. Саламех², В. А. Мамонтов³

¹ Волжский Государственный университет водного транспорта,
Нижний Новгород, Россия

² Каспийский институт морского и речного транспорта имени генерал-адмирала
Ф. М. Апраксина, филиал Волжского государственного университета
водного транспорта, Астрахань, Россия

³ Астраханский Государственный технический университет, Астрахань, Россия

В статье выполнена задача по определению способности судового дизельного масла к проникновению в структуру композиционного материала, изготовленного с применением армирующих стеклянных тканей и полиэфирного связующего элемента. Способность судового дизельного масла проникать в структуру

образцов, нарезанных из общей плиты полимерного композиционного материала, выполняется путем определения изменения веса образцов до и после их погружения в емкости с жидкой средой (судовое дизельное масло) на определенный период времени. Установлена незначительная способность проникновения дизельного масла в состав данного материала в зависимости от его структуры, т. е. от расположения армирующего материала, а также от наличия или отсутствия обработки краев образцов полиэфирной смолой после их нарезания из общей плиты. Рассмотрены механические свойства (предел прочности при растяжении, сжатии и изгибе) композиционного материала после его изъятия из емкости с дизельным маслом. Решается практическая задача определения возможности влияния обработки торцов нарезанных образцов для испытаний полиэфирной смолой на способность проникновения судового дизельного масла в структуру полимерного композиционного материала. Установлено влияние нахождения образцов в жидкой среде (дизельное масло) с определенным соотношением слоев армирующего материала (стекломата и ровинговой стеклоткани) на их механические характеристики при изгибе, растяжении и сжатии. Представлены результаты исследований, демонстрирующие непосредственную связь между пределом прочности, разрушающей силой и числом ровинговых слоев в структуре полимерных композиционных материалов образцов, подвергнутых обработке полиэфирной смолой. В ходе выполнения экспериментов определена способность проникновения дизельного масла в структуру композиционных материалов и изменения механических свойств в результате погружения данных материалов в жидкую среду. Результаты экспериментального исследования образцов полимерных композиционных материалов с различными схемами армирования подтверждают целесообразность их использования в корпусных конструкциях судов, в частности такие материалы могут быть рекомендованы для изготовления судовых цистерн, предназначенных для хранения дизельного масла.

Ключевые слова: судовые цистерны, судовое дизельное масло, армирующий материал, связующий элемент, предел прочности, испытательное оборудование, прилагаемая нагрузка, разрушающая нагрузка.

Для цитирования:

Мелешин М. А. Обоснование применения полимерных композиционных материалов для изготовления судовых масляных цистерн / М. А. Мелешин, А. Саламех, В. А. Мамонтов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2025. — Т. 17. — № 2. — С. 271–281. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-2-271-281. — EDN UWXYFH.

Введение (Introduction)

В настоящее время использование изделий, изготовленных из полимерных композиционных материалов (ПКМ) в судостроительной и машиностроительной отрасли, объясняется их высокими механическими характеристиками по сравнению с изделиями, изготовленными из стали, такими, в частности, как удельная прочность, а также возможность получения готовых изделий без применения традиционных дорогостоящих механических обработок и т. д. [1]. Преимущества композитов по сравнению с традиционными металлическими материалами состоят в их высоком соотношении прочности к массе, устойчивости к коррозии и старению, а также улучшенных аэродинамических и гидродинамических характеристиках, что повышает скорость, маневренность и топливную эффективность судов. Использование таких материалов позволяет существенно снизить эксплуатационные расходы, а также повысить безопасность и экологическую устойчивость судов.

Стеклопластик, являющийся одним из основных материалов для производства ПКМ, представляет собой композитный материал, состоящий из стекловолоконного наполнителя, объединенного полимерной матрицей. Этот конструкционный материал, изготовленный на основе полиэфирных, эпоксидных и винилэфирных смол, способен выдерживать различного рода нагрузки, в том числе ударные и вибрационные. Стеклопластиковые материалы обладают рядом преимуществ, делающих его привлекательным для широкого спектра применения. К числу таких свойств относятся устойчивость к воздействию агрессивных сред и нерастворимость в них, материал не подвержен горению, стеклопластик практически не впитывает влагу. Кроме того, стеклопластик экологически безопасен, что является важным фактором. Особым преимуществом композитных материалов является их низкая электропроводность. К числу дополнительных достоинств можно отнести высокую ремонтпригодность, малый вес, биологическую стойкость, жесткость конструкции, продолжительный срок службы и ударную прочность. [2]

В 2023 г. Российским морским регистром судоходства (РС) был опубликован свод правил, регламентирующих производство, технический надзор за материалами и изделиями, а также эксплуатационный контроль контейнеров. Начиная с января 2024 г. РС санкционировал использование контейнер-цистерн из композитных материалов для международной транспортировки нефтепродуктов. В связи с этим изучается возможность применения ПКМ для изготовления цистерн, предназначенных для судовых энергетических установок и вспомогательных механизмов морских и речных транспортных судов. Для обеспечения надежности применения ПКМ необходимы фундаментальные исследования. В частности, важно определить возможность проникновения жидкой среды в структуру ПКМ и оценить степень изменения его механических показателей и свойств.

Целью данного исследования является определение влияния судового дизельного масла на весовые и механические показатели образцов, изготовленных из полимерных композиционных материалов с обработанными и необработанными краями полиэфирной смолой при их погружении в дизельное масло с продолжительным периодом времени (три месяца), а также определение влияния расположения армирующих слоев (стекломат и ровинговая стеклоткань) на способность проникновения дизельного топлива в структуру композиционного материала. В качестве объекта исследования выступают шестислойные образцы с обработанными и необработанными краями, пропитанными полиэфирной смолой. В основе этих образцов, созданных из композиционных материалов, стеклянные ткани и полиэфирная смола, отличающиеся как схемами расположения армирующих элементов, так и количеством слоев.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Методика изготовления и испытаний образцов из ПКМ. Для достижения поставленной цели были изготовлены две шестислойные плиты из ПКМ с размерами, соответствующими ГОСТу 33345–2015, с двумя различными схемами армирования. Из этих плит были вырезаны образцы с использованием фрезерного станка для дальнейшего испытаний на трехточечный изгиб, сжатие и растяжение.

Порядок расположения армирующих слоев в образцах для проведения исследований должен быть выполнен по одной из следующих схем:

Схема армирования I — два слоя стекломата, два слоя ровинговой стеклоткани и два слоя стекломатериала.

Схема армирования II — два слоя ровинговой стеклоткани, два слоя стекломата и два слоя ровинговой стеклоткани.

Образцы каждой схемы были разделены на две группы:

- первая группа — образцы без обработки краев полиэфирной смолой;
- вторая группа — образцы с обработкой краев полиэфирной смолой.

В отличие от первой группы края образцов второй группы обрабатываются полиэфирной смолой «Яркопол-110» при помощи кисти с натуральной щетиной. После обработки краев образцов обработанные образцы необходимо оставить на 48 ч при нормальной комнатной температуре и только после полного высыхания их взвешивают.

Образцы из ПКМ разных схем армирования перед погружением в судовое дизельное масло взвешиваются на сертифицированных лабораторных электронных весах серии ВЛТЭ-310Т. Испытательное оборудование лаборатории сертифицировано и имеет свидетельство о признании классификационных обществ России. Образцы разных схем армирования, разделенные на две группы, погружают в дизельное масло на 90 суток при комнатной температуре 24 °С и влажности 50 %. В данном эксперименте используется судовое дизельное масло марки М-16Г2ЦС, температура застывания которого составляет минус 12 °С и плотность при 20 °С равна 908 кг/м³.

Масло моторное М-16Г2ЦС представляет собой судовое масло, получаемое путем смешения дистиллятных и остаточных компонентов, произведенных из сернистых нефтей с добавлением специальных присадок. Это масло предназначено для судовых двигателей внутреннего сгорания и вспомогательного оборудования судна. Обладает хорошей гидролитической стабильностью и сопротивляемостью химическому разложению при наличии воды. Масло по классу

вязкости соответствует SAE 40, по эксплуатационным характеристикам — API CC, производится в соответствии с ГОСТом 12337–84. В табл. 1 приведены весовые характеристики сухих образцов с разной схемой армирования [3].

Таблица 1

Весовые характеристики образцов до замачивания в дизельном масле

Номер образца	Испытания на растяжение		Испытания на сжатие		Испытания на трехточечный изгиб	
	Схема I	Схема II	Схема I	Схема II	Схема I	Схема II
Образцы первой группы (без обработки краев полиэфирной смолой)						
Масса, г						
1	55,64	43,69	0,7	0,75	35,64	30,10
2	53,63	43,41	0,7	0,73	34,73	29,21
3	54,05	43,73	0,94	0,66	36,06	28,86
4	52,64	42,61	0,95	0,66	35,80	27,51
5	54,71	43,09	0,84	0,63	31,96	30,04
Среднее значение	54,134	43,306	0,826	0,686	34,838	29,144
Образцы второй группы (с обработкой краев полиэфирной смолой)						
1	56,39	43,07	0,64	0,75	34,32	31,53
2	56,23	44,39	0,82	0,71	34,88	30,47
3	56,03	45,07	0,87	0,80	36,30	31,09
4	54,50	43,30	0,89	0,81	37,38	30,81
5	52,18	46,42	0,79	0,98	38,85	29,58
Среднее значение	55,066	44,45	0,802	0,81	36,346	30,696

После выдержанного срока указанного периода времени образцы разных схем армирования извлекают из емкости с дизельным маслом, насухо вытирают хлопчатобумажной обтирочной ветошью и взвешивают. Результаты взвешивания представлены в табл. 2.

Таблица 2

Весовые характеристики образцов после замачивания в дизельном масле

Номер образца	Испытания на растяжение		Испытания на сжатие		Испытания на трехточечный изгиб	
	I схема	II схема	I схема	II схема	I схема	II схема
Образцы первой группы (без обработки краев полиэфирной смолой)						
Масса, г						
1	55,77	43,86	0,7	0,75	35,75	30,21
2	53,82	43,53	0,71	0,73	34,85	29,31
3	54,21	43,89	0,95	0,67	36,18	28,96
4	52,78	42,76	0,95	0,67	35,92	27,60
5	54,86	43,25	0,85	0,64	32,10	30,16
Средние значения	54,288	43,458	0,832	0,692	34,96	29,248
Образцы второй группы (с обработкой краев полиэфирной смолой)						
1	56,46	43,13	0,64	0,75	34,38	31,58
2	56,31	44,45	0,82	0,72	34,94	30,53
3	56,13	45,12	0,87	0,82	36,35	31,13
4	54,62	43,36	0,89	0,82	37,44	30,88
5	52,24	46,50	0,79	0,98	38,88	29,63
Средние значения	55,152	44,512	0,802	0,818	36,398	30,75

На основе результатов измерения средних значений масс образцов двух схем армирования первой группы до и после замачивания в дизельном масле установлено следующее:

- среднее значение увеличения масс образцов, предназначенных для проведения испытаний на растяжение I и II схем армирования, составляет 0,154 г и 0,152 г соответственно;
- среднее значение увеличения масс образцов, предназначенных для проведения испытаний на сжатие I и II схем армирования, имеет одинаковое значение и составляет 0,006 г;
- среднее значение увеличение масс образцов, предназначенных для проведения испытаний на трехточечный изгиб I и II схем армирования, составляет 0,122 г и 0,104 г соответственно.

Результаты измерения средних значений масс, образцов двух схем армирования второй группы до и после замачивания в дизельном масле показали, что средние значения изменения весовых параметров образцов увеличиваются, но при этом отмечается следующее:

- у образцов, подготовленных для испытаний на растяжение, повышение средних весовых значений I и II схем армирования составляет 0,086 г и 0,062 г соответственно;
- у образцов, предназначенных для испытаний на сжатие, I схемы наблюдается незаметное увеличение массы, а для образцов II схемы данное увеличение составляет 0,008 грамма [5];
- у образцов, предназначенных для испытаний на изгиб, увеличение средних значений весовых характеристик составляет 0,052 г и 0,054 г соответственно.

На основе проведенных исследований можно сделать вывод о том, что дизельное масло обладает проникающей способностью в структуру образцов из ПКМ, сопровождающейся незначительным увеличением масс образцов, что наиболее заметно на образцах первой группы [6].

Испытания образцов из ПКМ с целью определения их механических характеристик после замачивания в судовом дизельном масле с выдержанным периодом времени, проводились на специальных сертифицированных испытательных машинах в сертифицированной лаборатории.

Испытание образцов из ПКМ на трехточечный изгиб. Методика испытаний и размеры образцов выполнены на основании требований ГОСТа 4648–2014¹. Технология нарезания образцов из общей плиты, методика проведения испытаний и способы расчета предела прочности при изгибе подробно описаны в работе [7]. Общий вид подготовленных образцов для проведения испытаний на изгиб приведен на рис. 1.

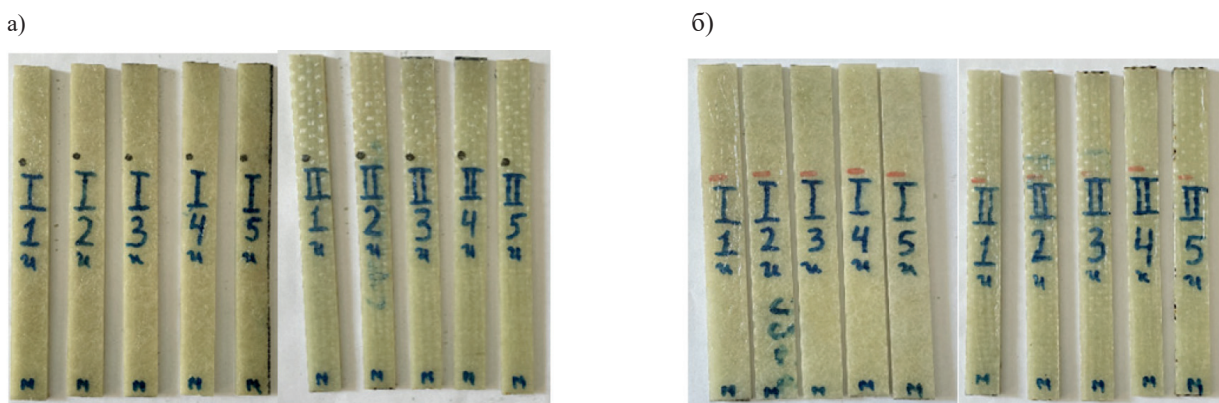


Рис. 1. Образцы двух разных схем армирования для проведения испытания на трехточечный изгиб:
 а — без обработки краев полиэфирной смолой;
 б — с обработкой краев полиэфирной смолой

¹ ГОСТ 4648–2014. Пластмассовый. Метод испытания на статистический изгиб. М.: Стандартинформ, 2014. 34 с.

Результаты определения разрушающей силы и предела прочности приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты испытаний образцов из ПКМ на трехточечный изгиб

Номер образца	Схема армирования			
	I		II	
	F_{max} , кгс	σ , МПа	F_{max} , кгс	σ , МПа
Образцы первой группы (без обработки краев полиэфирной смолой)				
1	100	216	90	215
2	80	166	105	285
3	100	183	110	272
4	90	169	90	245
5	100	235	105	241
Средние значения	94	193,8	100	251,6
Образцы второй группы (с обработкой краев полиэфирной смолой)				
1	110	250	125	276
2	115	249	105	262
3	90	187	115	261
4	100	166	120	265
5	115	196	110	307
Средние значения	106	209,6	115	274,2

Анализ результатов показал, что среднее значение нагружающей силы и предела прочности на образцах первой группы (без обработки краев полиэфирной смолой) после замачивания в дизельном масле меньше, чем у второй группы, края которых обработаны полиэфирной смолой, при двух схемах армирования. На рис. 2 полученные результаты приведены в виде диаграмм.

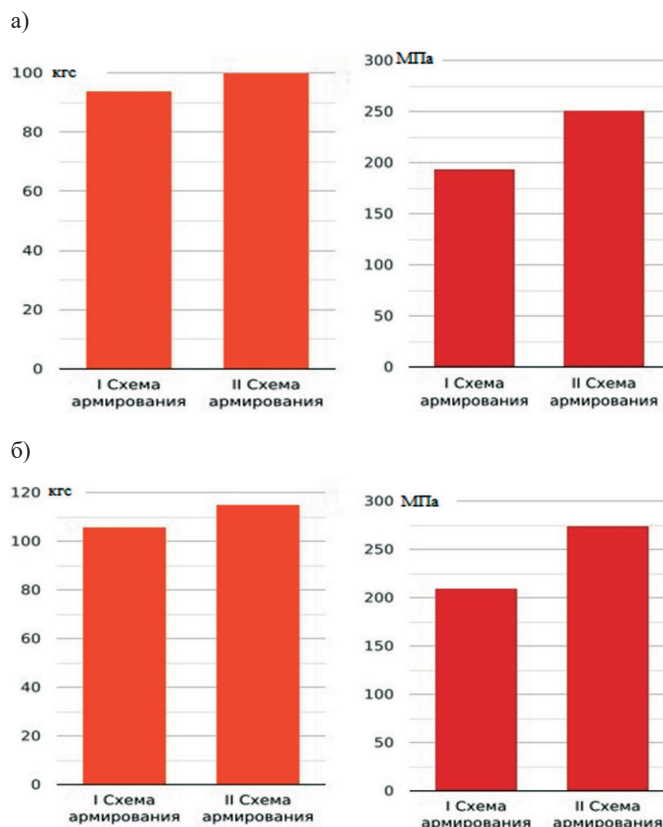


Рис. 2. Средние значения разрушающих сил и пределов прочности при испытании на изгиб: а — для образцов первой группы; б — для образцов второй группы

Испытания образцов из ПКМ на растяжение. Плоские образцы прямоугольной формы размером 250 × 25 мм (рис. 3) были вырезаны из общей плиты и подготовлены в соответствии с ГОСТом 11261–17² для проведения испытаний на растяжение [8]. Предел прочности при растяжении определяется по известной формуле:

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{A}, \quad (1)$$

где F_{\max} — значение растягивающей силы, Н;

$A = bh$ — площадь поперечного сечения образца, мм².

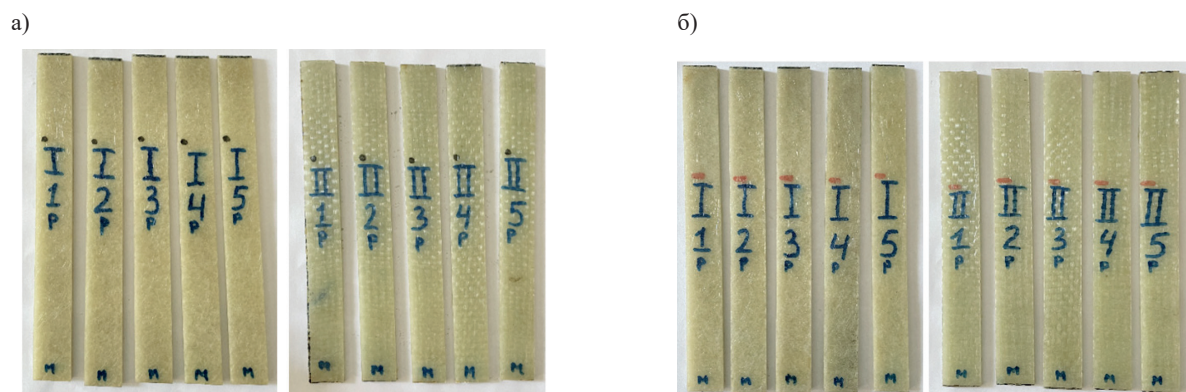


Рис. 3. Образцы двух разных схем армирования для испытания на растяжение:
 а — без обработки краев полиэфирной смолой; б — с обработки краев полиэфирной смолой

Полученные результаты испытаний на растяжение сведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты испытаний образцов из ПКМ на растяжение

Номер образца	Схемы армирования			
	I		II	
	F_{\max} , кгс	σ , МПа	F_{\max} , кгс	σ , МПа
Образцы первой группы (без обработки краев полиэфирной смолой)				
1	1700	108	1700	148
2	1500	100	1700	141
3	1900	125	2100	185,6
4	1950	134	1700	150,2
5	1800	120	2150	185,8
Средние значения	1770	117,4	1870	162,12
Образцы второй группы (с обработкой краев полиэфирной смолой)				
1	1700	111	1800	163
2	2200	138,5	2000	177
3	2100	138,4	2500	215
4	2100	141,6	2200	196
5	2400	171	2200	185
Средние значения	2100	140,1	2140	187,2

Для наглядного сравнения результатов испытаний образцов из ПКМ построены графики (рис. 4), с помощью которых установлено, что среднее значение прилагаемой нагрузки и средний предел прочности у образцов второй группы, края которых обработаны полиэфирной смолой, после замачивания в дизельном масле на порядок больше, чем у образцов первой группы (без обработки краев полиэфирной смолой).

² ГОСТ 11262–2017. Пластмассовый метод испытания на растяжение. М.: Стандартинформ, 2017. 24 с.

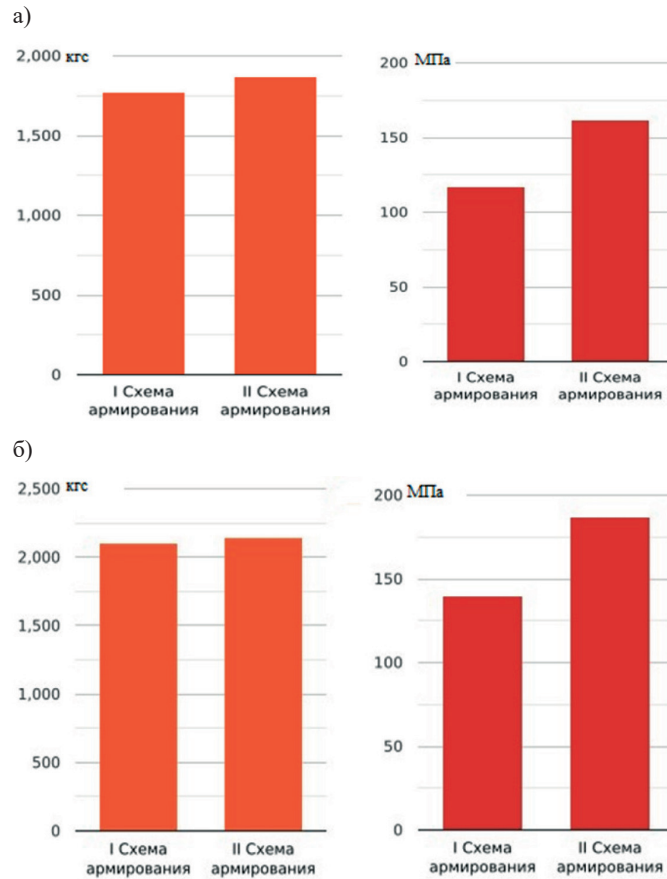


Рис. 4. Средние значения разрушающих нагрузок и пределов прочности:
а — при испытании на растяжение образцов первой группы;
б — при испытании на растяжение образцов второй группы

Испытание образцов из ПКМ на сжатие. Образцы, предназначенные для испытаний на сжатие, должны иметь симметричную форму, согласно требованиям ГОСТа 4651–2014³, с размерами $l \times b \times h$, соответствующими $10 \times 10 \times 4$ мм (рис. 5) [9].

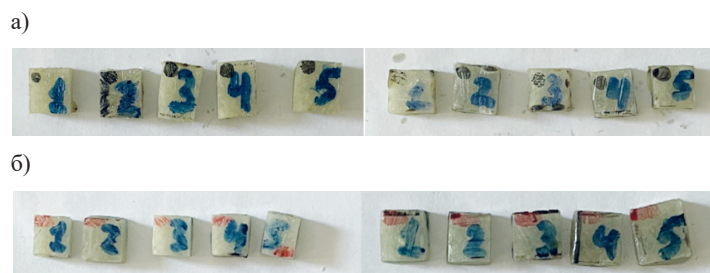


Рис. 5. Образцы двух разных схем армирования при испытании на сжатие:
а — без обработки краев полиэфирной смолой; б — с обработкой краев полиэфирной смолой

Нагружающая и сжимающая сила направляется на образцы вдоль осей, перпендикулярно направлению армирующих слоев и с равномерной скоростью до разрушения или до тех пор, пока нагрузка не понизится. Следует отметить, что значение сжимающей нагрузки на образцы регистрируется в течение всего хода испытания. Образцы из ПКМ устанавливают по центру опорных площадок испытательной машины Р-5. Равномерная скорость прикладываемой нагрузки фиксируется значением 1 мм/мин [10]. Значения пределов прочности при сжатии образцов рассчитываются по формуле (1). Результаты выполненных испытаний представлены в табл. 5.

³ ГОСТ 4651–2014. Пластмассовый. Метод испытания на сжатие. М.: Стандартинформ, 2014. 19 с.

Результаты испытаний образцов из ПКМ на сжатие

Номер образца	Схема армирования			
	I		II	
	F_{max} , кгс	σ , МПа	F_{max} , кгс	σ , МПа
Образцы первой группы (без обработки краев полиэфирной смолой)				
1	2250	429	2650	519,4
2	2650	519,4	2650	577
3	2500	422,4	2400	490
4	2500	408,3	2550	556,8
5	2500	436	2500	532,6
Средние значения	2480	443	2550	535,2
Образцы второй группы (с обработкой краев полиэфирной смолой)				
1	2300	474,5	2900	661
2	2350	461	2500	544
3	2400	385,6	2100	453
4	2800	450	3000	642
5	2800	499	3600	712
Средние значения	2530	454	2820	602,4

При сравнении результатов испытаний образцов из ПКМ на разрушающую нагрузку при сжатии (рис. 6) установлено, что средние значения прилагаемой нагрузки и предела прочности образцов второй группы (края которых обработаны полиэфирной смолой) выше, чем у образцов первой группы, края которых не обработаны полиэфирной смолой.

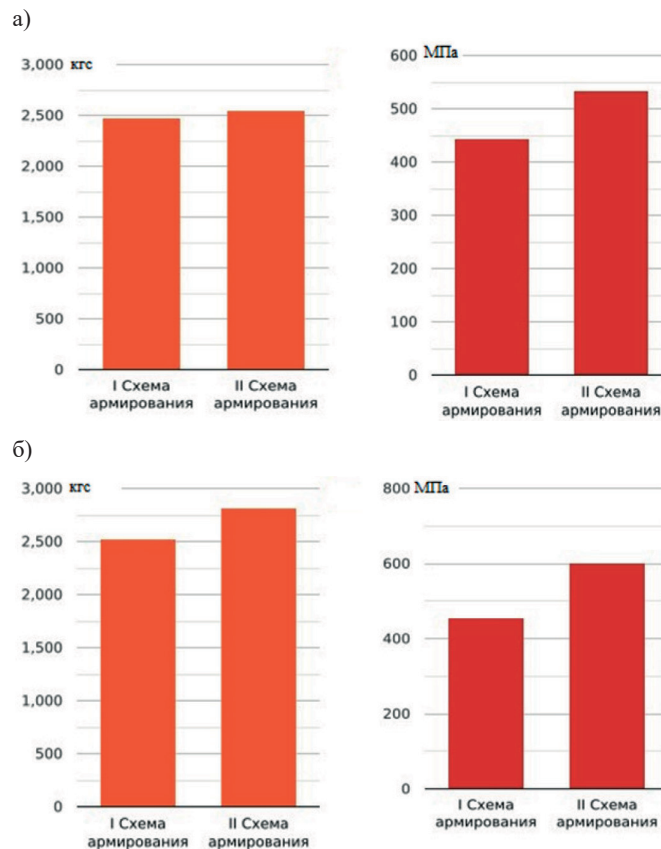


Рис. 6. Средние значения разрушающих нагрузок и пределов прочности:
а — при испытании на сжатие образцов первой группы;
б — при испытании на сжатие образцов второй группы

Представленные результаты показывают изменения весовых и механических характеристик композиционных материалов при их погружении в емкости с дизельным маслом. Однако судовые цистерны, изготовленные из ПКМ и предназначенные для хранения дизельного масла, имеют односторонний контакт с маслом, поэтому результаты исследования не могут служить основанием для отказа от использования судовых цистерн из ПКМ для хранения дизельного масла.

Заключение (Conclusion)

На основе полученных результатов можно делать следующие выводы:

1. На способность проникновения судового дизельного масла в структуру ПКМ оказывают непосредственное влияние структура и расположение слоев композиционного материала, а также его размеры. Судовое дизельное масло имеет проникающую способность особенно для образцов с большими размерами при расположении слоя стекломата снаружи (схема I) независимо от наличия или отсутствия обработки краев смолой.

2. Проникновение судового дизельного масла в структуру ПКМ оказывает отрицательное влияние на их механические характеристики, снижая значений пределов прочности при растяжении, сжатии и изгибе, при этом данное снижение является менее заметным при расположении слоев ровинговой стеклоткани снаружи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила классификации и постройки морских судов. Ч. XVI : Конструкция и прочность корпусов судов из полимерных композиционных материалов / Российский морской регистр судоходства — СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2019. — 151 с.

2. Мелешин М. А. Опыт применения композитных материалов в судостроении / М. А. Мелешин, А. Саламех, М. Алсаид // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2022. — № 2. — С. 44–50. DOI: 10.24143/2073-1574-2022-2-44-50. — EDN UX SRLV.

3. Мелешин М. А. Технология изготовления образцов из полимерных композиционных материалов / М. А. Мелешин, Али Саламех, В. А. Мамонтов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2023. — № 3. — С. 19–26. DOI: 10.24143/2073-1574-2023-3-19-26. — EDN WRET KT.

4. Алсаид Мазен Методика изготовления образцов из многослойных композиционных материалов для исследования их механических свойств / Алсаид Мазен, Саламех Али // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2018. — № 4. — С. 16–23. DOI: 10.24143/2073-1574-2018-4-16-23. — EDN VLJIYQ.

5. Саламех Али Исследование влияния типа связывающего компонента на механические характеристики полимерных композиционных материалов / Саламех Али, Алсаид Мазен // Морские интеллектуальные технологии. — 2022. — Т. 1. — № 1(55). — С. 52–62. DOI: 10.37220/MIT.2022.55.1.007. — EDN FTMVRN.

6. Алсаид М. Исследование судостроительного полимерного композиционного материала на прочность / М. Алсаид, А. Саламех, В. А. Мамонтов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 3. — С. 543–553. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-3-543-553. — EDN FXZOMU.

7. Алсаид М. Сравнительный анализ результатов механических испытаний многослойного полимерного композитного материала / М. Алсаид, А. Саламех, В. А. Мамонтов, Г. У. Азизова // Научные проблемы водного транспорта. — 2020. — № 63. — С. 27–39. DOI: 10.37890/jwt.vi63.73. — EDN UATR XW.

8. Мазен А. Исследование прочностных характеристик полимерных композиционных материалов при растяжении / А. Мазен, А. Саламех // Морские интеллектуальные технологии. — 2019. — № 3–3(45). — С. 18–27. — EDN WQWD XJ.

9. Мелешин М. А. Исследование влияния жидкой среды на механические характеристики полимерных композиционных материалов / М. А. Мелешин, А. Саламех, В. А. Мамонтов [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: морская техника и технология. — 2024. — № 4. — С. 7–17. DOI: 10.24143/2073-1574-2024-4-7-17. — EDN SPBS NC.

10. Алсаид Мазен Методика изготовления образцов из многослойных композиционных материалов для исследования их механических свойств / Алсаид Мазен, Саламех Али // Вестник Астраханского госу-

дарственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2018. — № 4. — С. 16–23.
DOI: 10.24143/2073-1574-2018-4-16-23. — EDN VLJIYQ.

REFERENCES

1. *Pravila klassifikatsii i postroyki morskikh sudov Chast' XVI. Konstruktsiya i prochnost' korpusov sudov iz polimernykh kompozitsionnykh materialov.* Sankt-Peterburg: Rossiyskiy morskoy registr sudokhodstva, 2019: 151.
2. Meleshin, M. A., A. Salamekh and M. Alsaid. "Experience in application of composite materials in ship-building." *Vestnik Of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering And Technologies* 2 (2022): 44–50. DOI: 10.24143/2073-1574-2022-2-44-50.
3. Meleshin, M. A., Ali Salamekh and V. A. Mamontov. "Technology of manufacturing samples from polymer composite materials." *Vestnik Of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering And Technologies* 3 (2023): 19–26. DOI: 10.24143/2073-1574-2023-3-19-26.
4. Alsaid Mazen and Salameh Ali "Method of sample manufacturing from multilayer composite materials for studying their mechanical properties." *Vestnik Of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering And Technologies* 4 (2018): 16–23. DOI: 10.24143/2073-1574-2018-4-16-23.
5. Salameh Ali and Alsaid Mazen "Investigation of the binding component type effect on the mechanical characteristics of polymer composite materials." *Morskije intellektual'nye tekhnologii* 1.1(55) (2022): 52–62. DOI: 10.37220/MIT.2022.55.1.007.
6. Alsaid, M., A. Salamekh and V. A. Mamontov. "A study of shipbuilding polymer composite material for strength." *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admiral S. O. Makarova* 11.3 (2019): 543–553. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-3-543-553.
7. Alsaid, M., A. Salamekh, V. A. Mamontov and G. U. Azizova. "The results of multi-layered polymer composite material mechanical testing comparative analysis." *Russian Journal Of Water Transport* 63 (2020): 27–39. DOI: 10.37890/jwt.vi63.73.
8. Mazen, A. and A. Salamekh. "The study of the strength characteristics of polymer composite materials under tension." *Morskije intellektual'nye tekhnologii* 3–3(45) (2019): 18–27.
9. Meleshin, M. A., K. N. Sakhno, et al. "Investigation of the influence of a liquid medium on the mechanical characteristics of polymer composite materials." *Vestnik Of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering And Technologies* 4 (2024): 7–17. DOI: 10.24143/2073-1574-2024-4-7-17.
10. Mazen, A. and A. Salamekh. "Method of sample manufacturing from multilayer composite materials for studying their mechanical properties ." *Vestnik Of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering And Technologies* 4 (2018): 16–23. DOI: 10.24143/2073-1574-2018-4-16-23.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мелешин Максим Алексеевич — аспирант
ФГБОУ ВО «Волжский государственный
университет водного транспорта»
603950, Российская Федерация,
г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5
e-mail: meleshin.maxim@yandex.ru
Саламех Али —
кандидат технических наук, профессор
Каспийский институт морского и речного
транспорта им. ген.-адм. Ф. М. Апраксина —
филиал ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
414000, Российская Федерация,
г. Астрахань, ул. Никольская, строение 6.
e-mail: a.salameh@mail.ru
Мамонтов Виктор Андреевич —
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный
технический университет»
414056, Российская Федерация, г. Астрахань,
ул. Татищева, стр. 16/1

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Meleshin, Maksim A. — postgraduate student
Volga State University
of Water Transport
5 Nesterova St., Nizhny Novgorod, 603950
Russian Federation
e-mail: meleshin.maxim@yandex.ru
Salamekh, Ali —
Candidate of Sciences in Engineering, Professor
Caspian Institute of Sea
and River Transport,
branch (VSUWT)
6, Nikolskayast, Astrakhan, 414000
Russian Federation
e-mail: a.salameh@mail.ru
Mamontov, Victor A. —
Dr. of Sciences in Engineering, Professor
Astrakhan State Technical University
16 Tatischev St.,
Astrakhan, 414056
Russian Federation

Статья поступила в редакцию 28 января 2025 г.
Received: Jan. 28, 2025.