

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МНОГОСЛОЙНОГО ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА

М. Алсаид

Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

А. Саламех

Каспийский институт морского и речного транспорта, г. Астрахань, Россия

Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

В.А. Мамонтов

Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

Г.У. Азизова

Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

Аннотация. В данной статье рассматриваются механические свойства полимерных композитных материалов, применяемых в судостроении. С этой целью были изготовлены образцы из полимерных композитных материалов на основе стеклянных волокон и полиэфирной смолы. Объясняется методика изготовления образцов из полимерных композитных материалов для проведения механических испытаний. Методом механических испытаний определено влияние соотношения количества слоев ровинговой стеклоткани к количеству слоев стекломата при испытаниях образцов на растяжение, сжатие и трехточечный изгиб. В результате обработки данных, полученных в ходе исследования, установлено, что увеличение количества слоев ровинговой стеклоткани в составе полимерных композитных материалов увеличивает разрушающую нагрузку и предел прочности при растяжении и уменьшает данные значения при сжатии и трехточечном изгибе. Результаты, полученные в данной работе, являются основанием для определения механических свойств полимерных композитных материалов с разными схемами армирования при условии их применения в судовых конструкциях, в частности, как материал для судовых надстроек транспортных судов.

Ключевые слова: судостроение, полимерные композиционные материалы, стеклянные волокна, механические свойства, испытание на растяжение, испытание на сжатие, испытание на изгиб, предел прочности, стекломат, смола.

Введение

Полимерные композитные материалы (ПКМ) в современной технике являются серьёзным конкурентом традиционным материалам, использующихся в разных областях промышленности на протяжении многих лет, в частности, стали и алюминию. Этот фактор объясняется собственными характеристиками ПКМ, поскольку они имеют высокую прочность и малый удельный вес, и в результате их применения масса конструкции уменьшается, что приводит к экономии расхода топлива транспортных средств. Также затраты на техническое обслуживание конструкции из ПКМ гораздо меньше, чем для конструкции из традиционных материалов, что компенсирует высокую стоимость технологии изготовления и себестоимость самих композитных материалов [1].

В связи с накопленным опытом применения ПКМ как в надводном, так и в подводном судостроении, в 2018 г. была переиздана новая редакция правил Российского морского регистра судоходства (РМРС) под новым названием «Конструкция и прочность судов из полимерных композиционных материалов», что свидетельствует о расширении роли данных материалов в будущем судостроении России [2].

Главным отличием ПКМ от традиционных материалов является их неоднородная структура, в которую входят два или более разных компонентов (армирующие элементы и смола), что приводит к тому, что на их механические свойства оказывают влияние множество факторов, основными из них являются:

- количество слоев армирующих элементов (наполнителей);
- механические свойства и химические характеристики используемых компонентов;
- метод изготовления и его параметры (температура и давление);
- ориентация волокон армирующих элементов относительно оси действия нагрузок;
- схема армирования и порядок укладки слоев армирующих элементов.

В работе [3] было исследовано влияние количества слоев армирующих элементов на предел прочности ПКМ при растяжении и установлено, что увеличение количества слоев приводит к увеличению разрушающих нагрузок; при этом предел прочности снижается за счет увеличения площади сечения. При исследовании свойств ПКМ на основе разных армирующих элементов было доказано, что предел прочности при растяжении ПКМ с углеродными наполнителями превосходит на 30% предел прочности ПКМ на основе гибридных наполнителей (углеродные +стеклянные) и на 37% - предел прочности ПКМ со стеклянными наполнителями [4]. Результаты работы [5] подтверждают, что ПКМ, содержащие армирующие материалы с углом ориентации волокон 35° имеют лучшие механические свойства при растяжении и изгибе.

На основании исследований, проведенных в работах [6], [7] установлено, что от метода изготовления ПКМ со стеклянными волокнами (контактное формование, напыление, прессование и вакуумное инфузия) сильно зависят их механические свойства при испытании на растяжение, срез, изгиб, сжатие и ударную вязкость. Исследование [8] количественным образом доказывает, что предел прочности при растяжении образцов, изготовленных с применением технологии вакуумной инфузии в 3 раза больше, чем предела прочности образцов, изготовленных ручной формовкой.

Целью исследования в данной работе является изучение влияния схемы армирования ПКМ на их механические свойства при растяжении, сжатии и изгибе. Объектом исследования служат образцы ПКМ на основе стеклянных волокон и полиэфирной смолы, изготовленных с разными схемами армирования.

1. Материалы и методы изготовления образцов для проведения испытаний

Новая редакция РМРС рассматривает применение в судовых конструкциях стеклянных, углеродных и арамидных волокон в качестве армирующих элементов, а полиэфирную, эпоксидную и винилэфирную смолы в качестве связующих для изготовления композитных материалов. С целью изучения влияния схемы армирования на механические свойства, а именно на пределы прочности ПКМ при растяжении, сжатии и изгибе были изготовлены 4 партии пластин (А, В, С, D), в состав которых входят следующие компоненты:

1. стекломат марки EMC-600-1250-E;
2. термореактивная ортофталевая полиэфирная смола «Яркопол-110»;
3. ровинговая стеклоткань (Рогожа) марки EWR 560. Основные характеристики выбранных компонентов приведены в Таблице 1 [9–11].

Пластины, изготовлены методом контактного формования с ручной укладкой и имеют квадратную форму с размерами сторон 600 мм. Каждая пластина содержит 6 слоев армирующих элементов и отличается от других пластин отношением количества слоев ровинговой стеклоткани к количеству слоев стекломата. Схема армирования и структура изготовленных пластин показаны на рис. 1 и в таблице 2. Для исключения влияния других факторов на результаты испытаний были приняты следующие закономерности [12]:

– в каждый слой армирующего элемента добавлено 400 см³ полиэфирной смолы (по требованию технических нормативов материала);

Таблица 1

Физико-механические свойства выбранных компонентов

EMC-600-1250-E		Яркопол-110		EWR 560	
Характеристика	Значение	Характеристика	Значение	Характеристика	Значение
Поверхностная масса, г/м ²	600 ± 7,5	Плотность, при t = 23 °С, г/см ³	1,13–1,14	Поверхностная масса, г/м ²	560
Содержание связующего, %	3,5 ± 1,1	Изгибающее напряжение при разрушении, МПа	70–100	Содержание влаги, %	≤ 0,15
Прочность на разрыв, Н	≥ 160	Разрушающее напряжение при сжатии, МПа	90–140	Содержание замасливателя, %	0,6 ± 0,2
Удельная разрывная нагрузка по вертикали, Н/мм	60	Относительное удлинение при разрыве, %	3–5	Разрывная нагрузка по вертикали, Н	2800
Удельная разрывная нагрузка по горизонтали, Н/мм	60	Прочность при разрыве, МПа	45–65	Разрывная нагрузка по горизонтали, Н	2800

– отверждение пластин обеспечивается использованием отвердителя марки «Бутанокс М-50» (Butanox M-50) с дозой 1 см³ для 100 см³ смолы для всех пластин;

– условия кондиционирования одинаковы для всех пластин – не менее 16 часов при температуре 23±2°С и относительной влажности 50±5%.



Рис. 1. Схема армирования изготовленных пластин

Структура армирования изготовленных платин

Пластина	Общее количество слоев	Количество слоёв Ровинговой стеклоткани	Количество слоёв стекломата	Количество ровинговой стеклоткани / количество стекломата
А	6	-	6	0
В	6	2	4	1/2
С	6	3	3	1/1
Д	6	4	2	2/1

После оформления пластин необходимо их оставить для высыхания на 48 часов при температуре окружающей среды, и лишь затем происходит процесс их отрезки для получения образцов с размерами в соответствии с видом запланированного испытания с помощью ленточной пилы со скоростью резки не менее 9,5 м/мин, согласно ГОСТу 33345-2015 [13]. Все механические испытания образцов на растяжение, сжатие и изгиб были проведены на универсальной испытательной машине типа Р-5 с различными приспособлениями.

2. Результаты испытаний образцов на растяжение

Объектом исследования для определения влияния схемы армирования ПКМ на предел прочности при растяжении являются плоские образцы без головок длиной 250 мм и шириной 25 ± 1 мм (рис.2), согласно ГОСТу 11262-2017[14].



Рис. 2. Образцы для проведения испытаний на растяжение

Испытуемый образец закрепляется между захватами машины Р-5 и нагружается вдоль его оси растягивающей нагрузкой F при фиксированной скорости перемещения захватов ($V=5$ мм/мин) (рис. 3)



Рис. 3. Закрепление образцы в машине при испытании на растяжение

В ходе испытаний определяется разрушающая нагрузка F_{max} , при которой происходит разрыв образцов и на основе ее определяется предел прочности на растяжение σ формулой:

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

где F_{max} – разрушающая нагрузка, Н;

$A = b \cdot h$ – площадь поперечного сечения образца, мм².

Для каждой партии были испытаны 8 образцов, результаты которых приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты испытаний образцов на растяжение

Номер образца	Партия							
	А		В		С		D	
	F_{max} , кгс	σ , МПа	F_{max} , кгс	σ , МПа	F_{max} , кгс	σ , МПа	F_{max} , кгс	σ , МПа
1	2530	134	2350	139	2450	140	2590	141
2	2250	119	2350	136	2410	132	2470	146
3	2160	116	2450	141	2520	167	2870	157
4	2230	119	2340	134	2540	139	2900	153
5	2020	108	2360	140	2550	138	2920	153
6	2100	106	2360	132	2740	154	2960	164
7	2260	120	2350	136	2740	139	3000	158
8	2190	123	2350	142	2780	147	3050	155
Средние значения	2218	118	2364	138	2591	144	2845	153

Представленный сравнительный анализ средних значений разрушающих нагрузок партий образцов (А, В, С, D) на рис. 4 показывает, что с увеличением количества слоев роговиной стеклоткани относительно количества стекломата разрушающая нагрузка ПКМ растет на 6,58–9,8%. Также предел прочности ПКМ увеличивается с повышением количества слоев роговиной стеклоткани на 4,3–16,9% (рис. 5).

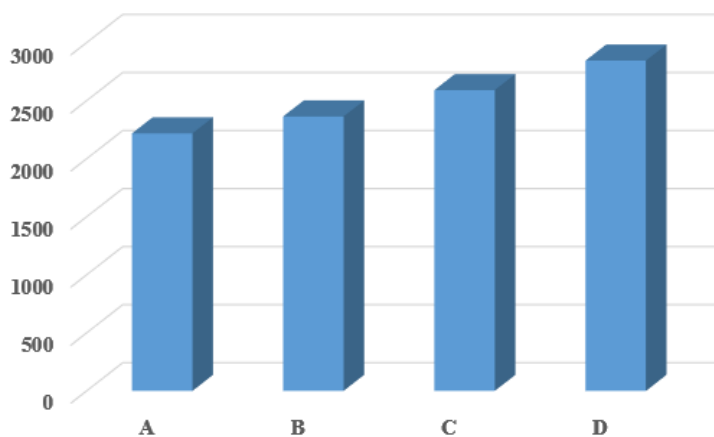


Рис. 4. Сравнение средних значений разрушающих нагрузок образцов при испытании на растяжение

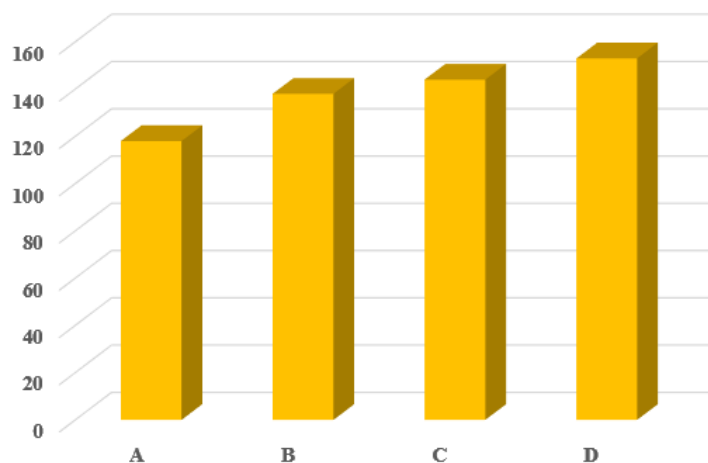


Рис. 5. Сравнение средних значений пределов прочности образцов при испытании на растяжение

3. Результаты испытаний образцов на сжатие

Образцы для испытания с целью определения влияния схемы армирования ПКМ с разным соотношением количества слоев роговиной стеклоткани к количеству стекломата на предел прочности при сжатии были отрезаны из изготовленных ранее пластин в виде квадратной формы с размерами 10×10 мм (с отклонением ±0,2 мм), согласно (рис.6) ГОСТу 4651-2014 [15].



Рис. 6. Образцы для проведения испытаний на сжатие

Изготовленный образец помещают между опорными площадками так, чтобы его центральная вертикальная ось совпадала с центральной осью поверхностей опорных площадок, при этом необходимо обеспечить, чтобы торцы образца были параллельны поверхностям опорных площадок. В ходе испытаний на сжатие поверхности торцов образца могут скользить по опорным площадкам в разной степени, в зависимости от структуры поверхности образца и опорных площадок, поэтому между поверхностями образца и опоры машины размещают тонкую наждачную бумагу (рис. 7). На машине Р-5 образец нагружается силой сжатия перпендикулярно плоскости укладки слоев с помощью дополнительных опор при фиксированной скорости нагружения 1 мм/мин. Предел прочности ПКМ на сжатии определяется формулой (1) после определения значений разрушающих нагрузок в ходе испытаний образцов. В таблице 4 приведены результаты испытаний образцов на сжатие.



Рис. 7. Испытание образцы в машине на сжатие

Таблица 4

Результаты испытаний образцов на сжатие

Номер образца	Партия							
	А		В		С		D	
	F_{max} , кгс	σ , МПа	F_{max} , кгс	σ , МПа	F_{max} , кгс	σ , МПа	F_{max} , кгс	σ , МПа
1	1320	166	1145	161	600	87	530	79
2	1140	147	1010	142	610	90	570	84
3	1310	167	1080	149	620	89	570	80
4	1390	181	1090	155	650	93	570	83
5	1450	183	1220	173	750	107	590	89
6	1740	220	1050	155	760	108	660	97
7	1440	182	1100	160	830	119	740	99
8	1370	178	1070	153	850	120	760	107
Средние значения	1395	178	1096	156	709	102	624	90

Сравнение средних значений разрушающих нагрузок образцов (рис. 9) подтверждает, что повышение отношения количества слоев роговиной стеклоткани к количеству стекломата, приводит к снижению разрушающей нагрузки на 11,9–35,3% при сжатии. Этот факт, следовательно, ведет к уменьшению предела прочности ПКМ при сжатии на 11,76–34,6% для образцов, с увеличенным количеством слоев роговиной стеклоткани в структуре пластин (рис. 10).

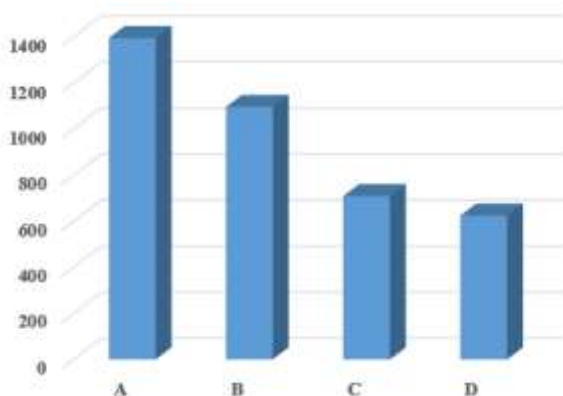


Рис. 8. Сравнение средних значений разрушающих нагрузок образцов при испытании на сжатие

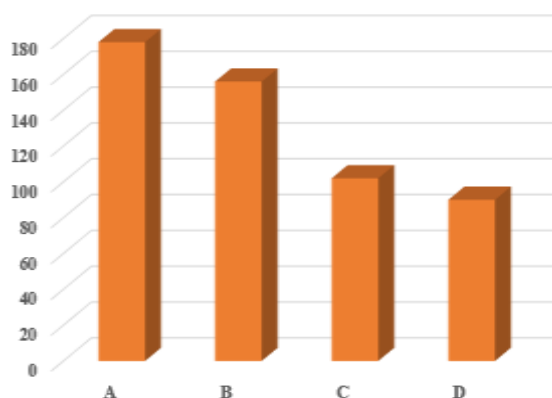


Рис. 10. Сравнение средних значений пределов прочности образцов при испытании на сжатие

4. Результаты испытаний образцов на трехточечный изгиб

Для проведения испытаний на изгиб были изготовлены образцы с прямоугольной формой длиной 200 ± 2 мм и шириной $20 \pm 0,2$ мм (рис. 11) согласно ГОСТу 4648-2014 и правилам РМРС [2]. Испытуемый образец, свободно лежащий на двух опорах, подвергают изгибу с постоянной скоростью в середине между опорами до его разрушения. В результате испытания определяют разрушающую нагрузку F_{max} , прилагаемую к образцу (рис. 12). Скорость нагружения принимается 10 мм/мин поскольку ПКМ относится к материалам, которые разрушаются, не показывая четко выраженного значения изгибающего напряжения при максимальной нагрузке. Предел прочности ПКМ при изгибе определяется по следующей формуле:

$$\sigma = \frac{3F_{max} \cdot L}{2b \cdot h^2} \quad (2)$$

где L – расстояние между опорами, мм;
 b – ширина образца, мм;
 h – толщина образца, мм.

расстояние между опорами определяется по формуле:

$$L = (16 \mp 1)h \quad (3)$$



Рис. 11. Образцы для проведения испытаний на изгиб



Рис. 12. Испытание образцы ПКМ в машине на изгиб

Результаты испытаний образцов ПКМ с разной схемой армирования при трёхточечном изгибе приведены в таблице 5.

Таблица 5

Результаты испытаний образцов на изгиб

Номер образца	Партия							
	А		В		С		D	
	F_{max} , кгс	σ , МПа	F_{max} , кгс	σ , МПа	F_{max} , кгс	σ , МПа	F_{max} , кгс	σ , МПа
1	205	260	135	231	100	183	80	154
2	210	250	135	233	105	201	75	146
3	210	239	125	225	100	201	75	142
4	195	237	130	219	135	239	80	155
5	220	264	130	221	125	201	80	152
6	220	269	130	237	120	199	85	160
7	220	273	140	233	135	237	85	166
8	230	264	150	237	130	224	90	169
Средние значения	214	257	134	229	119	211	81	156

Сравнение результатов испытаний ПКМ при трёхточечном изгибе показывает, что увеличение количества слоев роговиной стеклоткани отрицательно влияет на значения разрушающей нагрузки и на предел прочности при изгибе, при этом разрушающая нагрузка уменьшается на 11,19–37,38%, а предел прочности – на 7,86–26,06%.

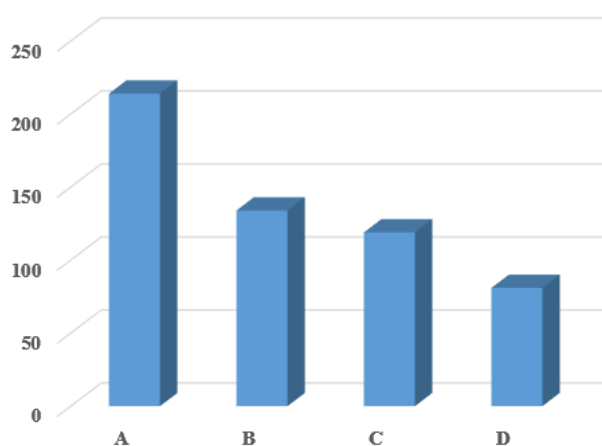


Рис. 13. Сравнение средних значений разрушающих нагрузок образцов при испытании на изгиб



Рис. 14. Сравнение средних значений пределов прочности образцов при испытании на изгиб

Заключение

В данной работе были проведены механические испытания образцов из ПКМ с разной схемой армирования, т.е. с разным соотношением количества слоев ровинговой стеклоткани марки EWR 560 количеству слоев стекломата марки EMC-600-1250-E. Исходя из результатов испытаний, можно сделать вывод о том, что увеличение количества слоев ровинговой стеклоткани в составе ПКМ увеличивает разрушающую нагрузку и предел прочности при растяжении, но уменьшает данные значения при сжатии и при трехточечном изгибе.

Список литературы:

1. Tawfik B. Weight reduction and strengthening of marine hatch covers by using composite materials/B. Tawfik, H. Leheta, A. Elhewy, T. Elsayed// International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering. 2017. Vol. 9.Is. 2. Pp. 185-198. DOI:10.1016/j.ijnaoe.2016.09.005.
2. Правила классификации и постройки морских судов. Часть XVI. Конструкция и прочность корпусов судов из полимерных композиционных материалов. – СПб: Российский морской регистр судоходства, 2018, 151с.
3. Алсаид Мазен. Исследование прочностных характеристик полимерных композиционных материалов при растяжении/М.Алсаид, А. Саламех// Морские интеллектуальные технологии. –2019. – № 45. Т. 3. – С. 18–27.
4. Belgacema. L. Experimental investigation of notch effect and ply number on mechanical behavior of interply hybrid laminates (glass/carbon/epoxy) / L. Belgacema, D. Ouinas, J. A.V. Olay, A.A. Amado// Composites Part B. – 2018. – Vol. 145. – Pp. 189 – 196. DOI: 10.1016/ j.compositesb.2018.03.026.
5. Rahmani H. Mechanical Properties of Carbon Fiber/Epoxy Composites: Effects of Number of Plies, Fiber Contents, and Angle-Ply Layers/ H. Rahmani, S. Saffarzadeh-Matin, S. H. M. Najafi, A. Ashori// Journal of Reinforced Plastics and Composites. – 2014. – Vol.33(8). Pp.733 – 740. DOI: 10.1002/pen.23820.
6. Карпов, Я.С. Композиционные материалы: компоненты, структура, переработка в изделия / Я.С. Карпов, О.В. Ивановская. – Харьков: Национальный аэрокосмический ун-т, 2001. – 153с.
7. Лахтин, Ю.М. Материаловедение / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. М.: Машиностроение, 1990. – 527с.
8. Максим. И.М. Технология формирования корпуса судна из листового композиционного материала/ И.М. Максим, А.Р. Рубан // Морские интеллектуальные технологии. – 2018. – № 1 (39). – С. 71 – 76.
9. Glass Emulsion Chopped Strand Mat. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://en.jushi.com/uploads/soft/jushiEN%20Products/EGlass%20Emulsion%20Chopped%20Strand%20MatE02.pdf> (дата обращения: 11.02.2019).
10. Характеристики смолы «Яркопол-110». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://megaplast.org/images/pdf/Yarkopol_110.pdf (дата обращения: 11.02.2019)
11. Ровинговая стеклоткань марки EWR 560. ЕЗИМ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.e-zim.ru/products/rovingovaya-tkan/> (дата обращения: 10.02.2019).
12. Алсаид Мазен. Методика изготовления образцов из многослойных композиционных материалов для исследования их механических свойств / М.Алсаид, А. Саламех // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. –2018. – № 4. – с.16–23.
13. ГОСТ 33345. Композиты полимерные. Производство пластин для изготовления образцов для испытаний. Общие технические требования. – М.: Стандартинформ, 2015. – 24 с.
14. ГОСТ 11262. Пластмассы. Метод испытания на растяжение. – М.: Стандартинформ, 2018. – 24 с.
15. ГОСТ 4648. Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб. – М.: Стандартинформ, 2015. – 34 с.

THE RESULTS OF MULTI-LAYERED POLYMER COMPOSITE MATERIAL MECHANICAL TESTING COMPARATIVE ANALYSIS

Mazen Alsaid

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Ali Salamekh

Caspian Institute of Sea and River Transport

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Viktor A. Mamontov

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Gyulaga Y. Azizova

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract. The mechanical properties of polymer composite materials used in shipbuilding are examined in this article. The samples from polymer composite materials based on glass fibers and polyester resin were made for this purpose. The manufacturing samples technique from polymer composite materials for mechanical test operation is represented here. The influence of woven roving fabric layers number ratio to the number of glass-fiber mat layers under testing samples for expansion, compression and 3 point bending has been determined by mechanical tests method. As the data processing result obtained in the experiment course it has been determined that the number of woven roving fabric layers increase with polymer composite materials increases the breaking load and tensile ultimate strength and decreases these values under compression and 3 point bending. The results obtained in this article are the basis for identifying polymer composite materials mechanical properties with different reinforcement schemes in case of their application in ship structures such as a material for transport vessels superstructure .

Key words: shipbuilding, polymer composite materials, glass fibers, mechanical properties, tensile test, compression test, bending test, tensile strength, glass mat, resin.

References:

1. Tawfik, B., H. Leheta, A. Elhewy, and T. Elsayed. «Weight reduction and strengthening of marine hatch covers by using composite materials.» *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering* 9.2 (2017): 185–198. DOI: 10.1016/j.ijnaoe.2016.09.005.
2. Pravila klassifikatsii i postroiki morskikh sudov. Chast' XVI. Konstruktsiya i prochnost' korpusov sudov iz polimernykh kompozitsionnykh materialov. –SPb: Rossiiskii morskoi registr sudokhodstva, 2018,151s.
3. Alsaid M., A. Salamekh «Issledovanie prochnostnykh kharakteristik polimernykh kompozitsi-onnykh materialov pri rastyazhenii» (The research of the strength characteristics of polymeric composition materials under tension) *Morskie intellektual'nye tekhnologii*. 45 (2019): 18–27.
4. Belgacema. L., D. Ouinas, J. A.V. Olay, and A.A. Amado. «Experimental investigation of notch effect and ply number on mechanical behavior of interply hybrid laminates (glass/carbon/epoxy)» *Composites Part B* 145 (2018): 189 – 196. DOI: 10.1016/j.compositesb.2018.03.026.
5. Rahmani, H., S. Saffarzadeh-Matin, S. H. M. Najafi, and A. Ashori. «Mechanical Properties of Carbon Fiber/Epoxy Composites: Effects of Number of Plies, Fiber Contents, and Angle-Ply Layers.» *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 33.8 (2014):733 – 740. DOI: 10.1002/pen.23820.
6. Karpov, YA. S, and O.V. Ivanovskaya. *Kompozitsionnye materialy: komponenty, struktura, pererabotka v izdeliya. Khar'koV: Natsional'nyi aehrokosmicheskii un-T, 2001.*
7. Lakhtin, YU.M. and V.P. Leont'eva. *Materialovedenie. M.: MashinostroeniE, 1990.*
8. Maltsev, I.M., and A. R. Ruban. «Technology of the hull formation from sheet composite material.» *Morskie intellektual'nye tekhnologii* 1(39) (2018): 71-76.
9. Glass Emulsion Chopped Strand Mat. Web.11 Feb.2019. <<http://en.jushi.com/uploads/soft/jushiEN%20Products/EGlass%20Emulsion%20Chopped%20Strand%20MatE02.pdf>>
10. Kharakteristiki smoly «Yarkopol-110». Web.11 Feb.2019. <http://megaplast.org/images/pdf/Yarkopol_110.pdf>
11. Rovingovaya steklotkan' marki EWR 560. EZIM. Web.10 Feb.2019 <<https://www.e-zim.ru/products/rovingovaya-tkan/>>
12. Alsaid M., A. Salamekh «Metodika izgotovleniya obraztsov iz mnogoslainnykh kompozitsionnykh materialov dlya issledovaniya ikh mekhanicheskikh svoistv» (The method of samples manufacturing from multilayer composite materials to study their mechanical properties) *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya*. 4 (2018) :16-23.
13. GOST 33345. Kompozity polimernye. Proizvodstvo plastin dlya izgotovleniya obraztsov dlya ispytaniy. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. – M.: Standartinform, 2015. – 24 s.
14. GOST 11262. Plastmassy. Metod ispytaniya na rastyazhenie. – M.: Standartinform, 2018. – 24 s.
15. GOST 4648. Plastmassy. Metod ispytaniya na staticheskii izgib. – M.: Standartinform, 2015. – 34 s.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Алсайд Мазен аспирант, аспирант кафедры «Судостроение и энергетические комплексы морской техники», Астраханский

Mazen Alsaid, the postgraduate student of Department of Shipbuilding and Power Complexes of Marine Engineering

государственный технический университет
(ФГБОУ ВО «АГТУ»),
414056, г. Астрахань, ул. Татищева 16,
e-mail: mazenal60@yahoo.com

Саламех Али, к.т.н., доцент, доцент кафедры
«Судомеханических дисциплин», Каспийский
институт морского и речного транспорта,
филиал (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»),
414000, г. Астрахань, ул. Никольская 6,
e-mail: a.salameh@mail.ru

Мамонтов Виктор Андреевич – д.т.н.,
профессор, профессор кафедры «Судостроение
и энергетические комплексы морской техники»,
Астраханский государственный технический
университет (ФГБОУ ВО «АГТУ»),
414056, г. Астрахань, ул. Татищева 16,
e-mail: a.salameh@rambler.ru

Азизова Гюлага Уздановна – Старший
преподаватель кафедры «Судостроение и
энергетические комплексы морской техники»,
Астраханский государственный технический
университет (ФГБОУ ВО «АГТУ»),
414056, г. Астрахань, ул. Татищева 16,
e-mail: gyulaga55@mail.ru

Astrakhan State Technical University,
16, Tatischev st, Astrakhan, 414056,

Ali Salamekh, Candidate of Technical
Sciences, Assistant Professor; Assistant
Professor Caspian Institute of Sea and River
Transport,
6, Nikolskaya st, Astrakhan, 414000,

Viktor A. Mamontov – Doctor of Technical
Sciences, Professor; Professor Astrakhan State
Technical University,
16, Tatischev st, Astrakhan, 414056,

Gyulaga Y. Azizova – Senior Lecturer
Astrakhan State Technical University,
16, Tatischev st, Astrakhan, 414056,

Статья поступила в редакцию 15.04.2020 г.