

УДК 656.6

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОРПУСОВ МАЛОМЕРНОГО СУДНА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Дашков Алексей Валерьевич¹, аспирант

e-mail: tldashkov@gmail.com

Никитаев Игорь Владимирович¹, кандидат технических наук, доцент

e-mail: inikitaev@bk.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются построение и прочностной расчет корпусов маломерных судов из композитных материалов на основе стекловолокна и углеродного волокна.

Ключевые слова: Полимерные композитные материалы, углеродное волокно, стекловолокно, расчет прочности, напряжение, деформация, Ansys.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF SMALL VESSEL HULLS MADE OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS

Alexey V. Dashkov¹, Doctoral Student

e-mail: tldashkov@gmail.com

Igor V. Nikitaev¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

e-mail: inikitaev@bk.ru

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

Abstract. The article discusses the construction and strength calculation of hulls of small vessels made of composite materials based on fiberglass and carbon fiber.

Keywords: Polymer composite materials, carbon fiber, glass fiber, strength calculation, stress, deformation, Ansys.

Введение

Развитие мирового и отечественного судостроения нельзя представить без использования полимерных композиционных материалов (ПКМ). Традиционные материалы такие как сталь и алюминий, применяемые в составе различных сплавов, отвечают современным тенденциям конструкторских запросов, но все же уступают композитным материалам по ряду физико-механических характеристик [1]:

— малый удельный вес и плотность при сопоставимой или большей прочности вдоль укладки волокон;

- стойкость к коррозии в условиях агрессивной среды;
- возможность изменения свойств материала выбором направления укладки армирующих волокон;
- возможность изготовления деталей сложной формы с меньшими трудозатратами и затратами на технологическую оснастку;
- ремонтпригодность в эксплуатационных условиях;
- высокая вибростойкость в связи с большим поглощением вибрации;
- высокая теплоизоляция;
- радиопрозрачность;

На маломерных судах ПКМ в основном применяют при изготовлении обшивки корпуса, корпуса в варианте конструкции «Монокок», и корпуса надстроек.

В данной статье исследуется сравнительный анализ прочности корпусов маломерных судов в варианте конструкции «Монокок» из отечественных композитных материалов на основе стеклопластика и углепластика.

Построение корпуса судна

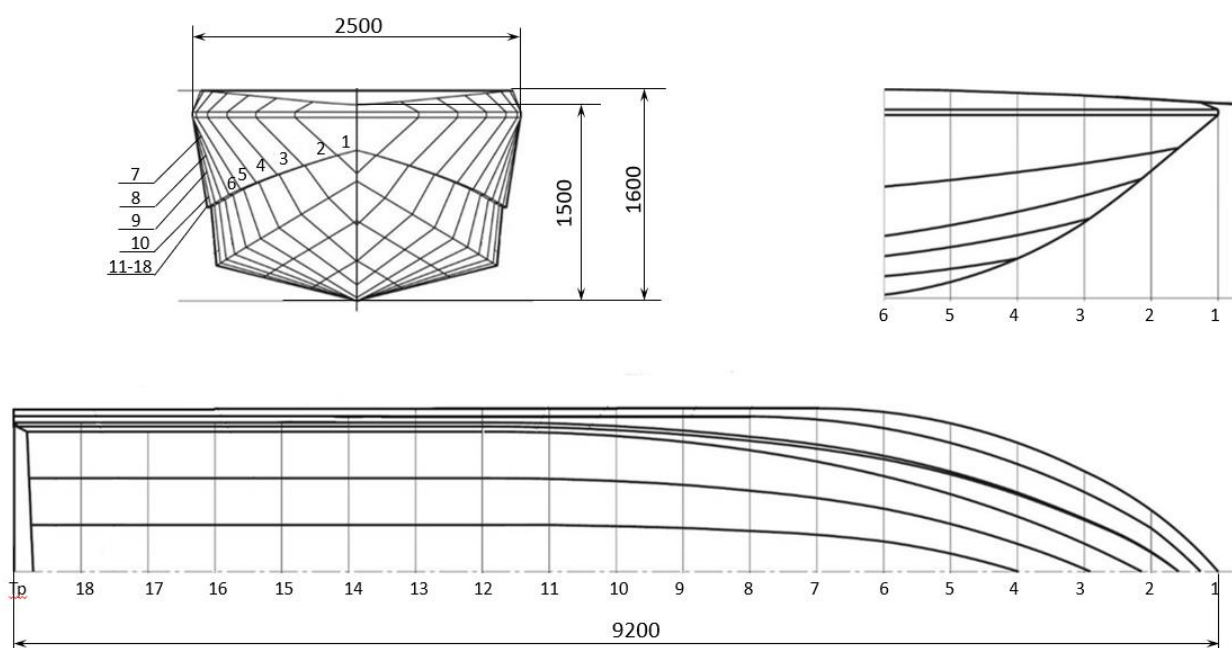


Рисунок 1 – Теоретический чертеж корпуса

Моделирование композитного корпуса маломерного судна в Ansys включает использование различных инструментов и процессов для анализа прочности и поведения композитного материала [2].

Создание 3D-модели корпуса проводилось с помощью программного обеспечения Catia V5 в модуле поверхностного моделирования. Построенная внешняя оболочка корпуса импортировалась в среду Ansys для дальнейшего моделирования композитной структуры. Моделирование композитных слоев и назначения материалов проводилось в программе Ansys Composite PrePost. Приложение нагрузок и задание граничных условий проводилось в программе [Ansys Mechanical](#). Анализ результатов проводился в программе Ansys Composite PrePost.

При построении 3d модели корпуса судна были использованы теоретические чертежи корпуса из свободного доступа.

При подборе материала связующей матрицы и направляющих волокон был проанализирован зарубежный и отечественный опыт применения композитных материалов в судостроении [3].

В исследовании проводилось сравнение прочности корпуса маломерного судна из двух видов композитных материалов: стеклотканый препрег и карбоновый препрег в качестве связующей матрицы в обоих расчетах была взята эпоксидная смола.

Таблица 1. Основные характеристики композитных материалов

Характеристика	Стеклотканый препрег Epoxy E-glass UD	Карбоновый препрег Epoxy Carbon Woven Prepreg
Плотность, кг/м ³	2000	1480
Модуль Юнга в направлении оси X, ГПа	45	91,8
Модуль Юнга в направлении оси Y, ГПа	10	91,8
Модуль Юнга в направлении оси Z, ГПа	10	9
Коэф. Пуассона XY	0,3	0,05
Коэф. Пуассона YZ	0,4	0,3
Коэф. Пуассона XZ	0,3	0,3
Модуль сдвига XY, ГПа	5	3,6
Модуль сдвига YZ, ГПа	3,84	3
Модуль сдвига XZ, ГПа	5	3
Предел растяжения в направлении X, МПа	1100	820
Предел растяжения в направлении Y, МПа	35	820
Предел растяжения в направлении Z, МПа	35	50
Предел сжатия в направлении X, МПа	675	439
Предел сжатия в направлении Y, МПа	120	439
Предел сжатия в направлении Z, МПа	20	140
Предел сдвига в направлении X, МПа	80	120
Предел сдвига в направлении Y, МПа	46	50
Предел сдвига в направлении Z, МПа	80	50

Толщина препрега – 0,25 мм;

Количество слоев – 32 шт;

Общая толщина стенки – 8 мм.

Углы укладки слоев 0/45/90/45 [4]



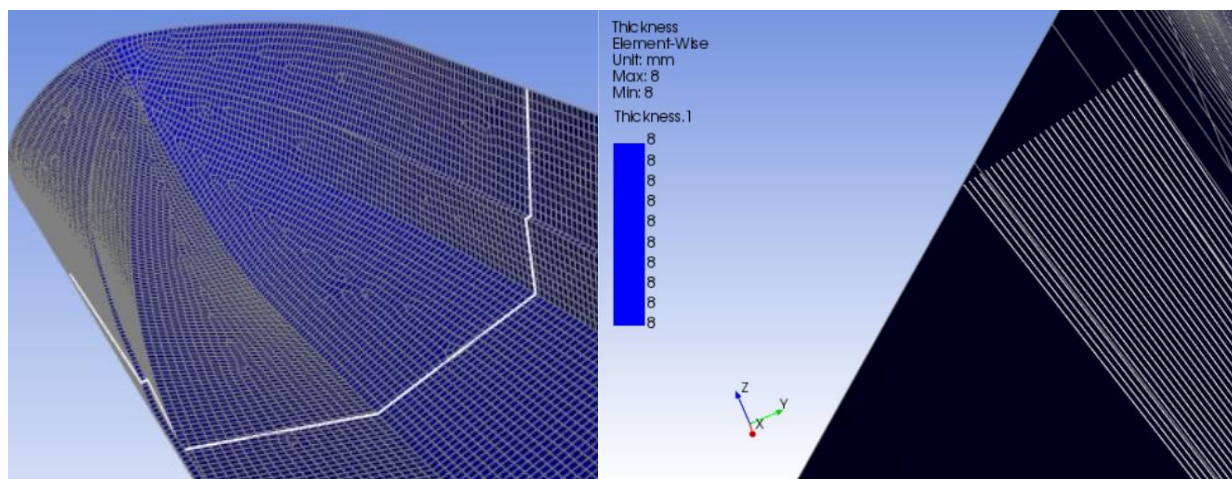


Рисунок 2 – Слои композитного материала

Граничные условия

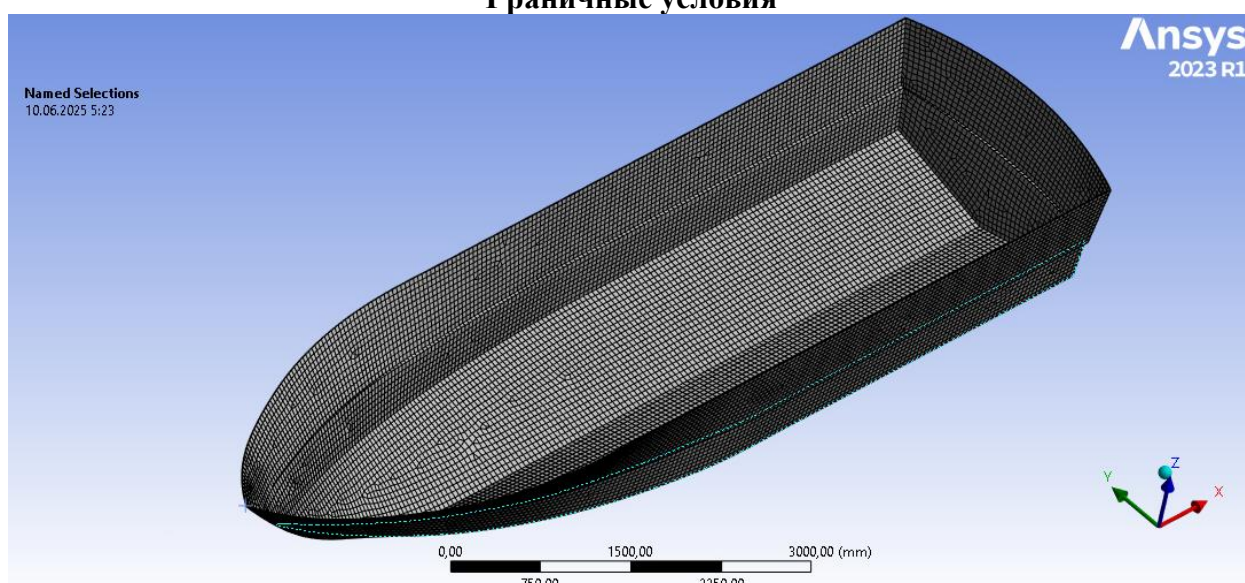


Рисунок 3 – Слои композитного материала

Построена конечно–элементная модель корпуса с учетом толщины композитного материала [5].

Закрепление и приложение нагрузки условные и не связаны с утвержденными методиками испытаний. Жесткая заделка в районе транца, нагрузка прикладывается на носовую часть. Величина прикладываемой нагрузки 10 кН в трех направлениях X, Y, Z и изгибающий момент 10 кН*мм. В расчете учитывается только внешняя обшивка без каркаса корпуса.

Результаты

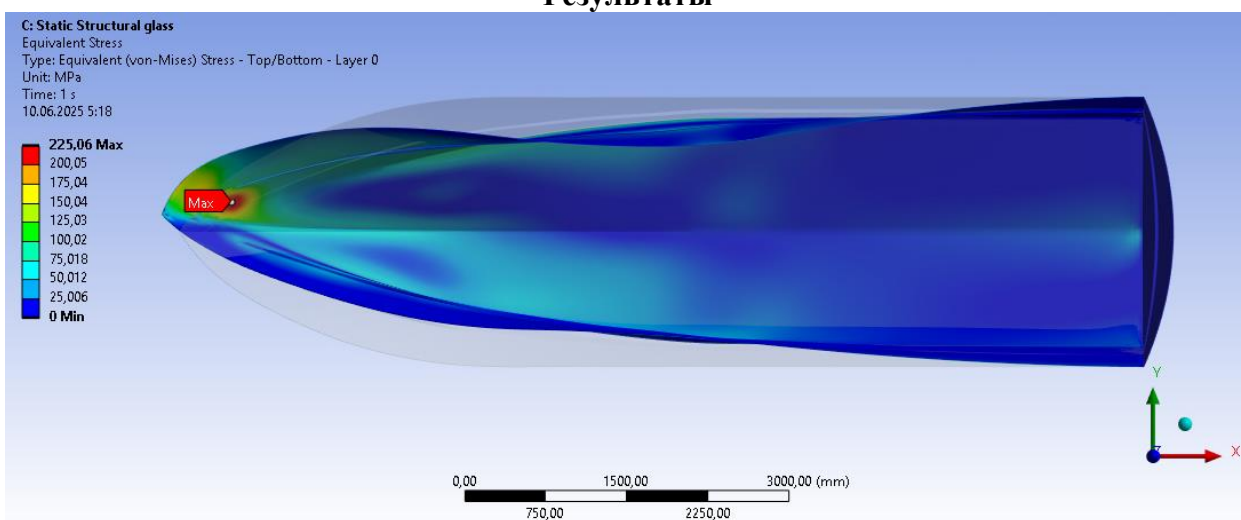


Рисунок 4 – Корпус из стекловолокна, напряжения

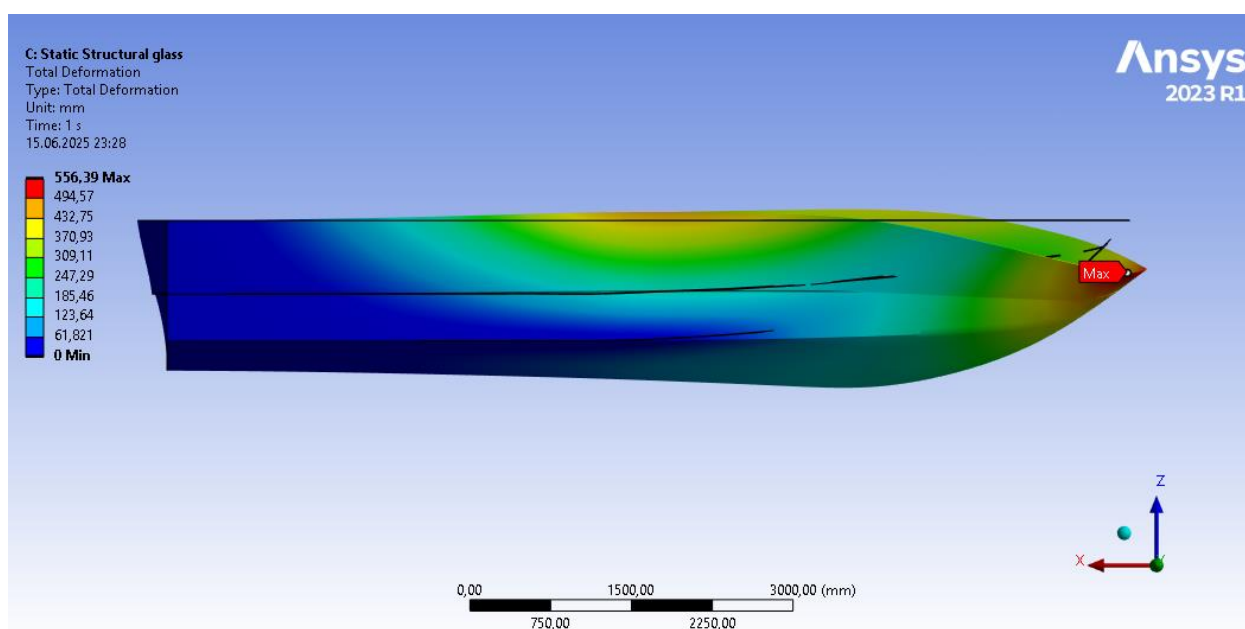


Рисунок 5 – Корпус из стекловолокна, деформация

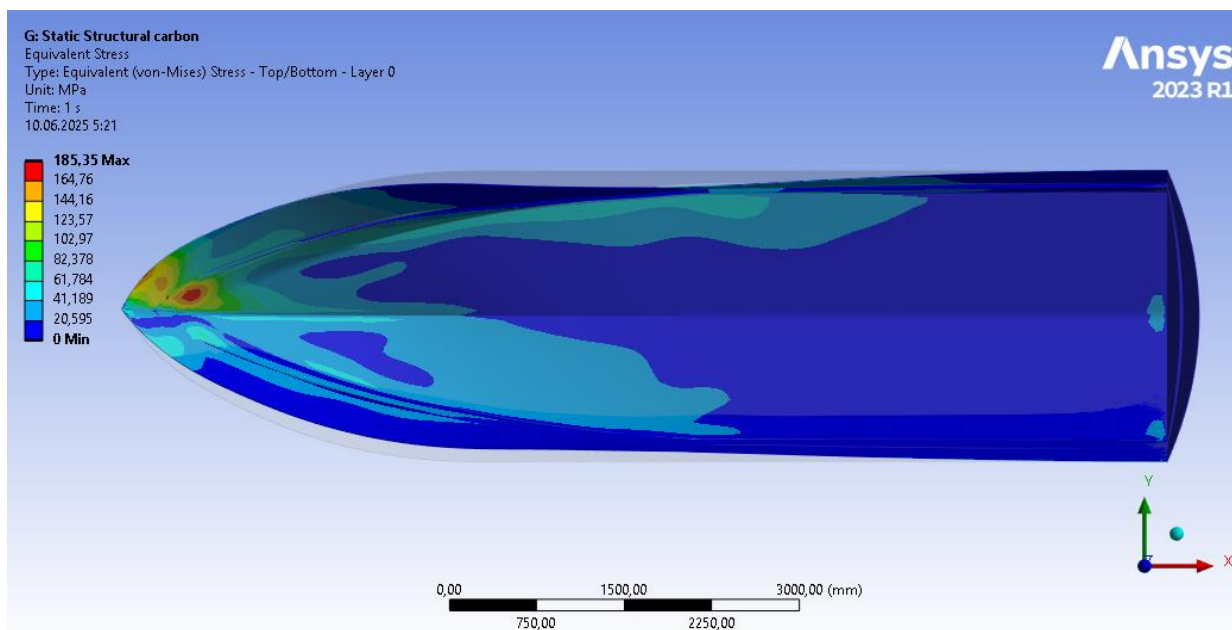


Рисунок 6 – Корпус из углеволокна, напряжения

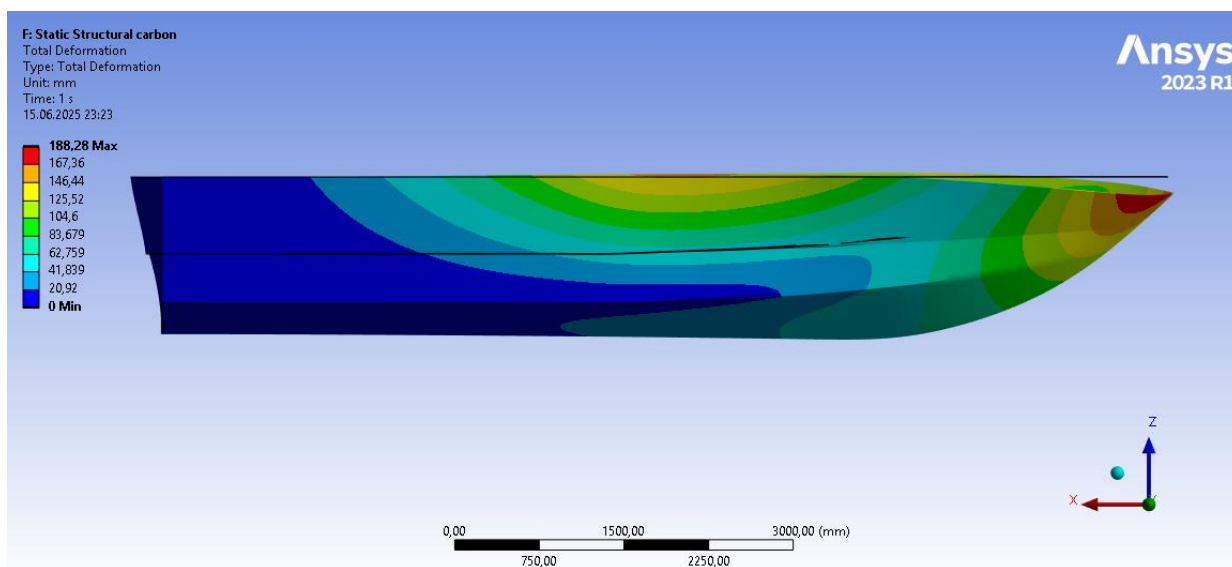


Рисунок 7 – Корпус из углеволокна, деформация

Таблица 2. Результаты расчетов

Характеристика	Стеклотканый препрег Epoxy E-glass UD	Карбоновый препрег Epoxy Carbon Woven Prepreg
Напряжения, МПа	225	185
Деформация, мм	556	188

Заключение

На основе проведенных расчетов можно сделать вывод, что обшивка корпуса, изготовленного из углеродного препрега более стойкий к нагрузкам по сравнению с препрегом из стекловолокна.

Список литературы:

1. Комаров В.А., Черняев А.В. Сравнительный анализ различных подходов к проектированию структур тонкостенных элементов из композиционных материалов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва. - 2009. - № 1(17). - С. 171-179
2. Комплексное исследование прочности, живучести и механизмов разрушения армирующих и композиционных материалов при сложных термомеханических воздействиях / В.Э. Вильдеман, Д.С. Лобанов, Е.М. Спаскова, А.В. Бабушкин, А.В. Биккулова, А.В. Ильиных, С.В. Словиков,
3. Федонюк Н.Н., Маслич Е.А. Применение полимерных композиционных материалов в зарубежном кораблестроении: аналитический обзор по материалам прессы 2006–2022 гг. Санкт-Петербург: Крыловский государственный научный центр, 2024. 303 с.
4. Моделирование композитных конструкционных материалов URL: https://kgeu.ru/upload/iblock/eec/2roght3ko65904e3tv0au2h14c4cjui8/Kompyuternoe_modelirovanie_2021.pdf (дата обращения: 25.05.2025)
5. Жидков А.В., Леонтьев Н.В. моделирование композитов в среде ansys с помощью пространственного слоистого конечного элемента: Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2020. – 35 с.

