



КОМПОЗИТ

Рыболовные суда
из композитов: материалы, технологии, преимущества

Дерево – один из самых распространенных композиционных материалов



Корабль из Гокстада в музее кораблей викингов в Осло, Норвегия



Онежские рыболовные соймы. 1905 г.
Фото И. А. Никольского.

В второй половине 20-го века широкое распространение получили полимерные композиционные материалы



Японское промысловое судно из
композиатов

Источник: Михаил Францев



Австралийское промысловое судно из
композиатов

Источник: Михаил Францев

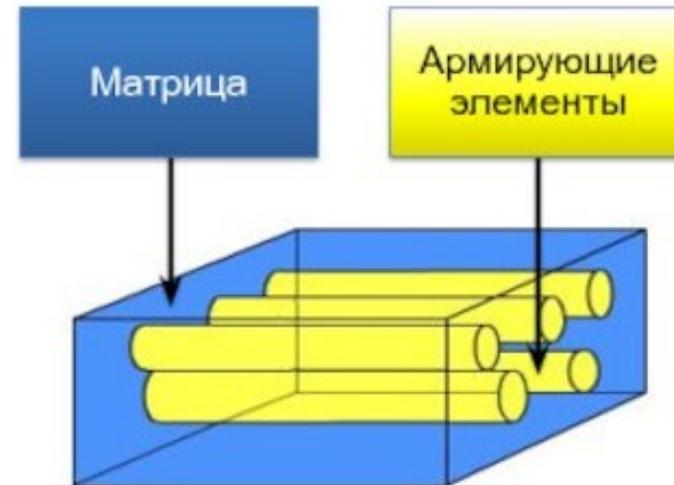
КОМПОЗИТЫ – это неоднородные материалы, состоящие из нескольких компонентов с четкой границей раздела между ними

Основные функции *армирующих элементов*:

- обеспечение прочности материала
- обеспечение жесткости материала

Основные функции *матрицы*:

- обеспечение совместной работы армирующих элементов
- защита армирующих элементов от агрессивного воздействия окружающей среды



Типичный композит



Сравнение физико-механических свойств

Свойства	Полимерные композиционные материалы		Сталь 45	Алюминий
	Угле-пластики	Стекло-пластики		
Плотность, кг/м ³	1480	1460	7850	2750
Предел прочности, МПа				
<i>При растяжении</i>	1177	539	200-230	40-185
<i>При сжатии</i>	784	441	62	195
<i>При изгибе</i>	1471	784	135	205
Модуль упругости, ГПа				
<i>При растяжении</i>	418	555	205	70
<i>При сжатии</i>	118	-	-	-
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м*К)	0,7	0,39	32	209
Удельная теплоемкость, кДж/(кг*К)	0,9	1	0,561	0,894

Достоинства композитов

- **Легкость**
- **Высокая прочность**
- **Устойчивость к коррозии**
- **Высокие диэлектрические свойства**
- **Обеспечение консолидации деталей и создание цельных конструкций**
- **Поглощение вибраций**
- **Долговечность**
- **Стабильность размеров**
- **Отсутствие особых требований к уходу**
- **Отсутствие пористости**

К преимуществам стеклопластиков, по сравнению с традиционными для судостроения металлами, относятся:

- малая плотность при прочности в направлении армирования
- немагнитность и радиопрозрачность;
- неподверженность коррозии и гниению;
- возможность регулирования свойств материала, путем варьирования структуры армирования;
- многофункциональность
- хорошая стойкость к воздействию на материал микроорганизмов;
- снижение эксплуатационных расходов, связанное с отсутствием коррозии;
- высокая диссипативная способность и соответствующая высокая вибростойкость
- возможность создания безупречно выполненной с точки зрения эстетичности наружной поверхности корпусных изделий

К недостаткам можно отнести:

- Более низкие характеристики по огнестойкости;
- Более высокие затраты на этапе постройки судна;
- Меньшее количество производителей и поставщиков материала.

Из анализа по ряду реализованных проектов для судов длиной до 24м - экономия в массе корпусных конструкций составляет для однокорпусных судов не менее 15%, для катамаранов - почти 30%.

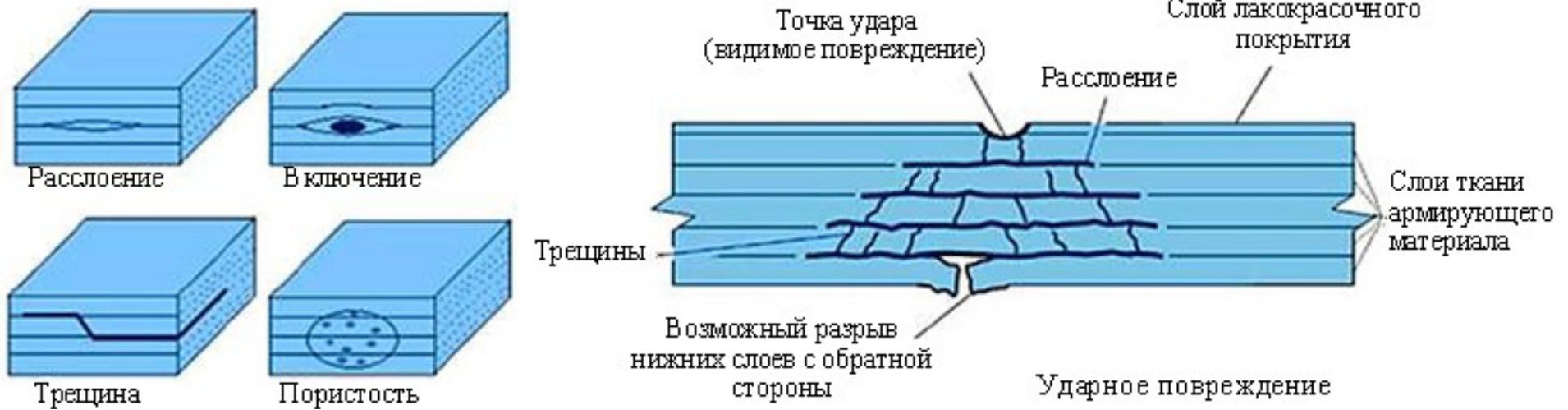
При больших размерах судна преимущество постепенно утрачивается.



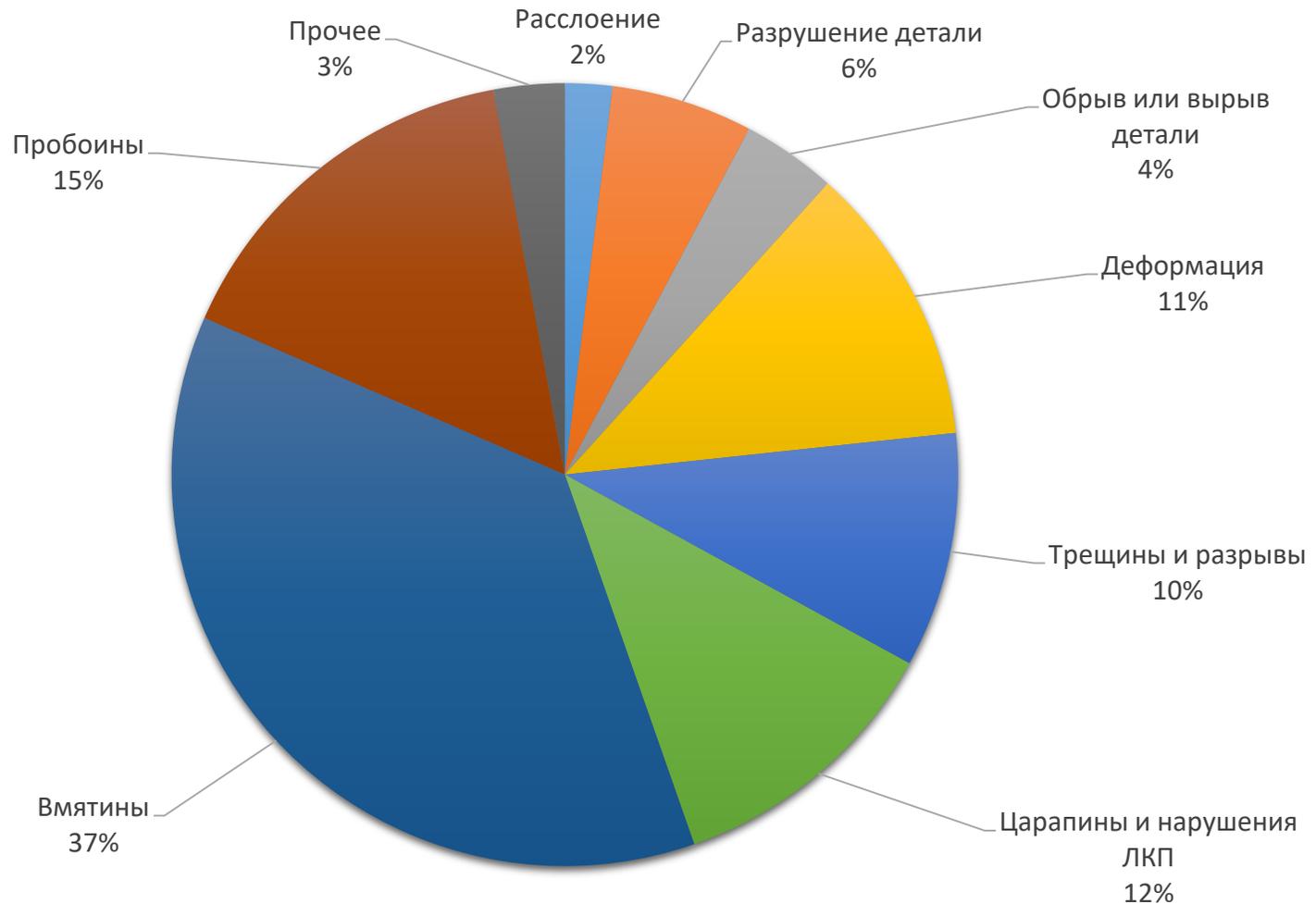
В 2019 году выпущена переработанная версия части XVI "Конструкция и прочность судов из полимерных композиционных материалов" Правил РС, требования которой учитывают современные технологические возможности и виды новых ПКМ для постройки таких судов.

Они охватывают все типы распространенных в судостроении армированных пластиков, в правилах подробно рассмотрены конструктивное исполнение узлов конструкции (сочленения, стыки, переходы и пр.).

Дефекты в композитных материалах



Распределение повреждений по типам



Неразрушающие методы контроля

Метод контроля	Пористость	Расслоения в монолитах	Расслоения в обшивке	Трещины	Повреждения поверхности	Попадание воды
Визуальный	-	-	-	-	+	-
Акустический	-	+	+	-	-	-
Ультразвуковой	+	+	+	-	-	+
Резонансный	-	+	+	-	-	+
Радиография	+	+	-	+	-	+
Термография	+	+	+	-	-	+
Шерография	+	+	+	-	-	+
Электромагнитный	-	+	-	+	-	-
Акустическая эмиссия	-	+	-	+	-	-

Общий подход в обеспечении надёжности и работоспособности конструкций из ПКМ

1. Определена классификация дефектов композитов:
 - в процессе производства волокна;
 - в процессе изготовления композита;
 - в процессе эксплуатации.
2. Определены методы обнаружения дефектов.
3. Для каждого вида дефекта определен, регламентирован и технологически обоснован способ его устранения.

Основные нормативные документы РМРС для создания рыбопромысловых судов из ПКМ

РОССИЙСКИЙ МОРСКОЙ РЕГИСТР СУДОХОДСТВА

ПРАВИЛА КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ МАЛЫХ МОРСКИХ РЫБОЛОВНЫХ СУДОВ

НД № 2-020101-148



Санкт-Петербург
2021

РОССИЙСКИЙ МОРСКОЙ РЕГИСТР СУДОХОДСТВА

Версия: 01.01.2023

ПРАВИЛА КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ МОРСКИХ СУДОВ ЧАСТЬ XVI КОНСТРУКЦИЯ И ПРОЧНОСТЬ СУДОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

НД № 2-020101-174



Санкт-Петербург
2023

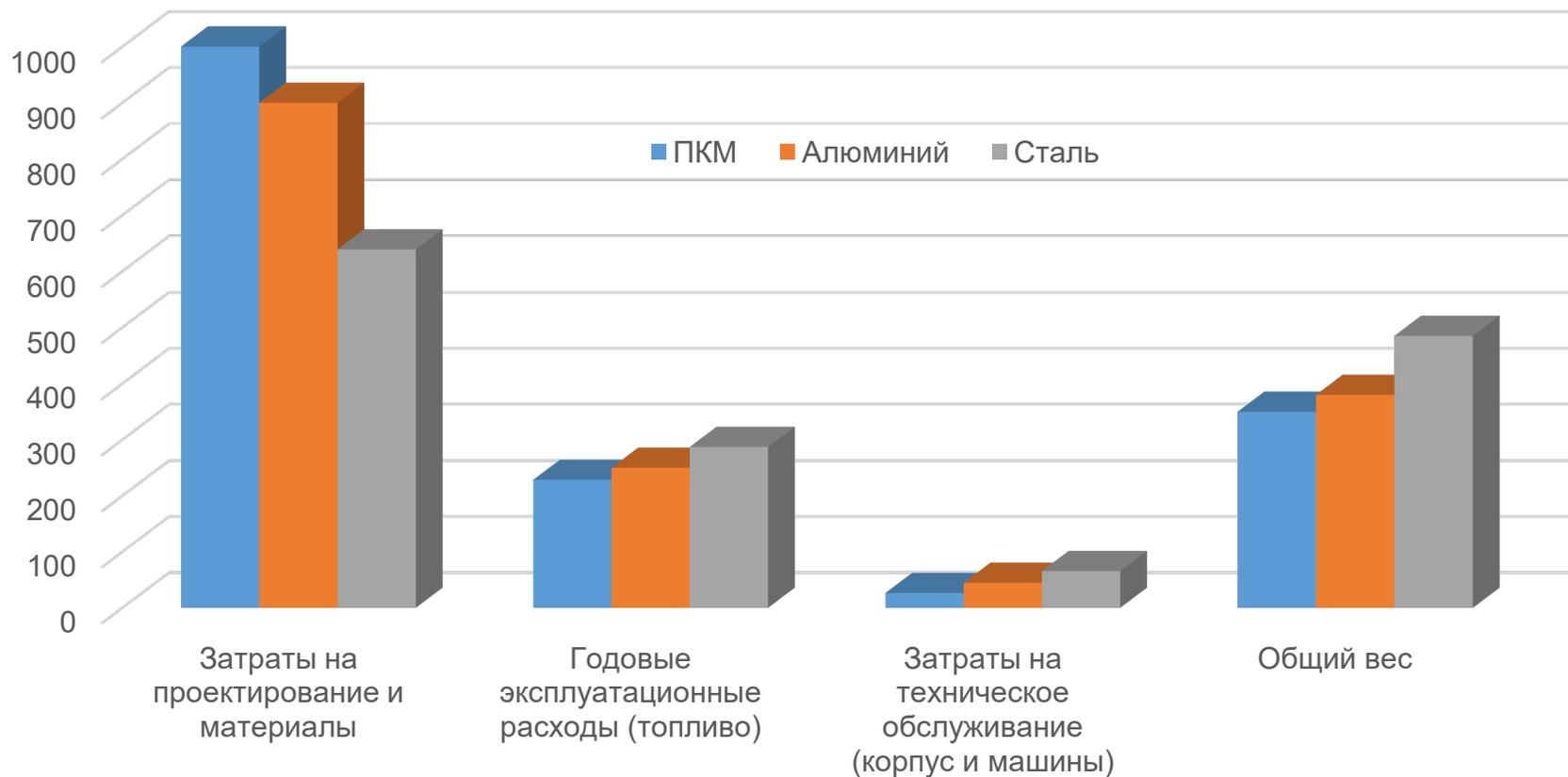
Физико-механические характеристики основных типов волокон, применяемых в конструкциях судов

Характеристика	Стекланные волокна		Углеродные волокна	Арамидные волокна
	Стекло марки Е	Стекло марки ВМП		
Плотность (справочные данные), кг/м ³	2500 — 2600	2490 — 2580	1800	1420 — 1450
Модуль нормальной упругости при растяжении, ГПа	не менее 70	не менее 83	не менее 230	не менее 120
Предел прочности при растяжении, ГПа	не менее 2,0	не менее 3,45	не менее 3,5	не менее 2,85
Предельное относительное удлинение, %	3,8	4	не менее 1,5	не менее 2,2

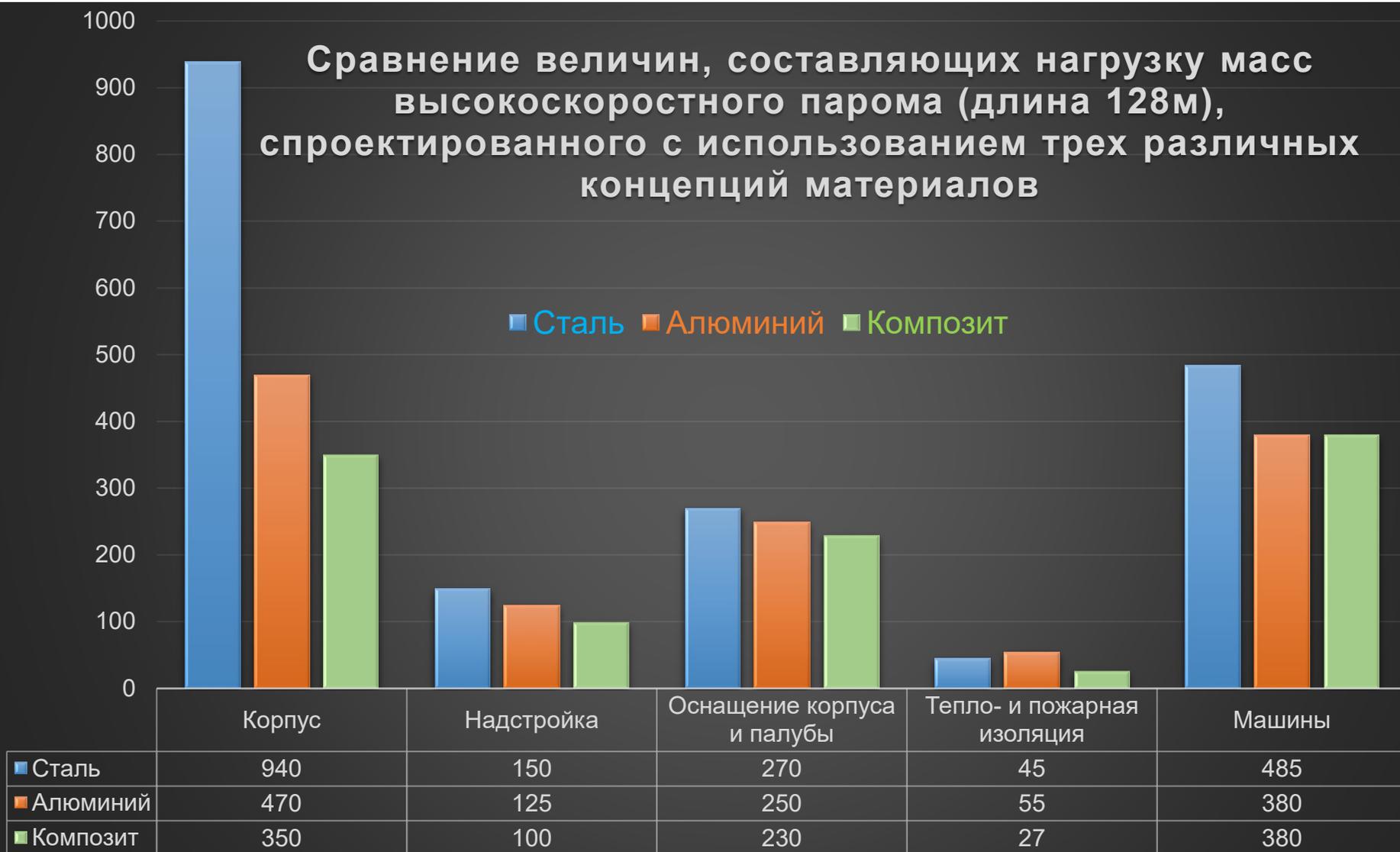
Физико-механические характеристики основных типов связующих, применяемых в конструкциях судов

Характеристика	Полиэфирное связующее	Винилэфирное связующее	Эпоксидное связующее
Плотность (справочные данные), кг/м ³	1100 — 1300	1100 — 1180	1150 — 1280
Предел прочности при растяжении, МПа	не менее 40	не менее 55	не менее 75
Модуль нормальной упругости при растяжении, ГПа	не менее 2,7	не менее 3,0	не менее 2,6
Предел прочности при изгибе, МПа	не менее 50	не менее 65	не менее 80
Предельное относительное удлинение при растяжении, %	не менее 1	не менее 2,2	не менее 2,5
Водопоглощение при нормальном давлении за 24 ч, %	не более 0,1	не более 0,1	не более 0,08

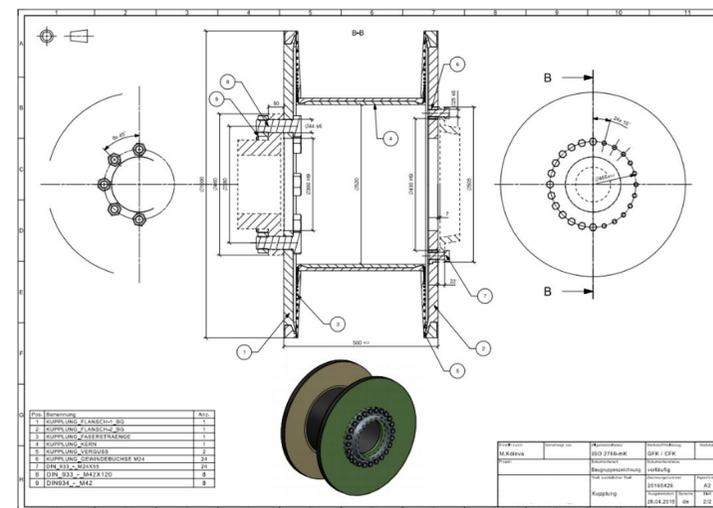
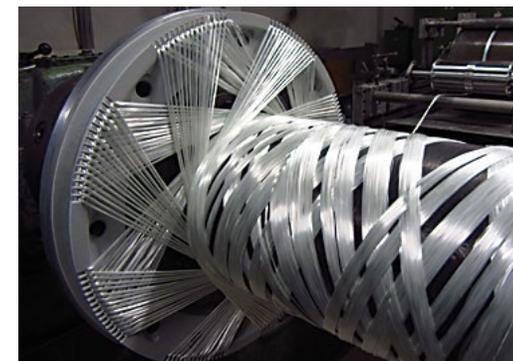
Сравнение технико-экономических показателей высокоскоростного паром (длина 128м), спроектированного с использованием трех различных концепций материалов



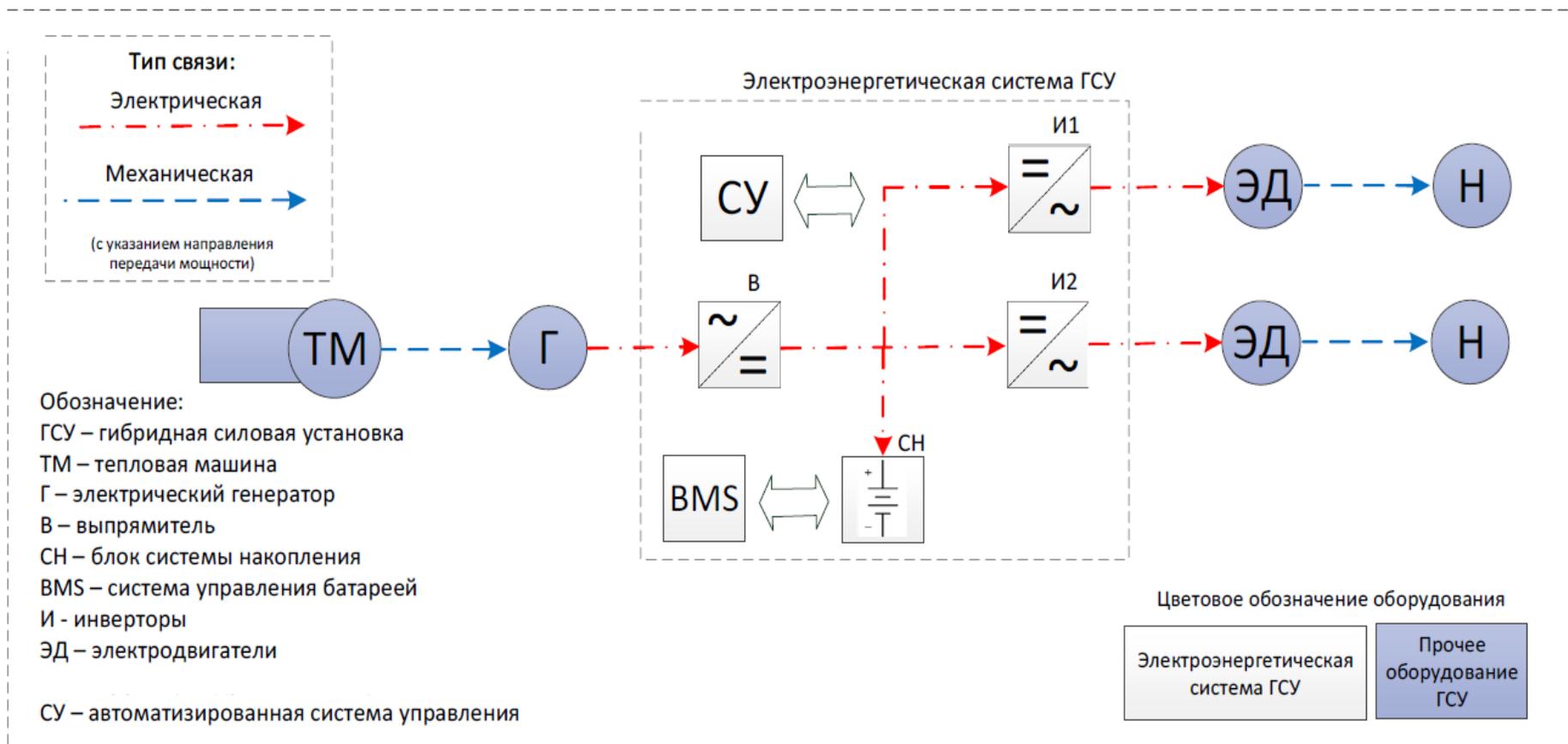
Сравнение величин, составляющих нагрузку масс высокоскоростного парома (длина 128м), спроектированного с использованием трех различных концепций материалов

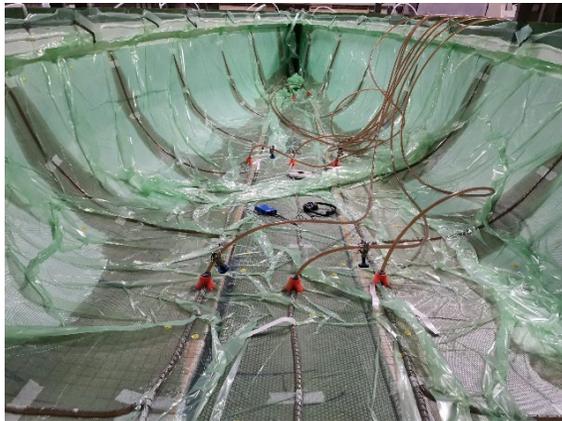
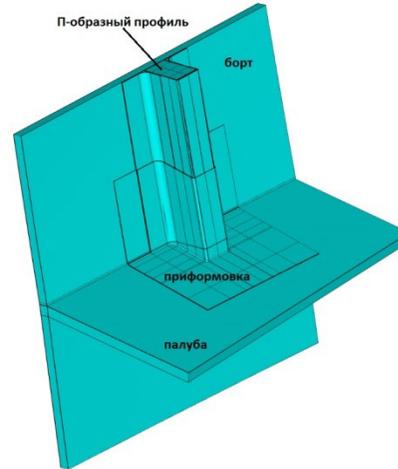
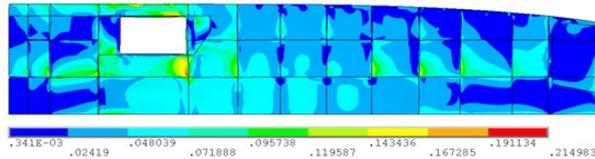
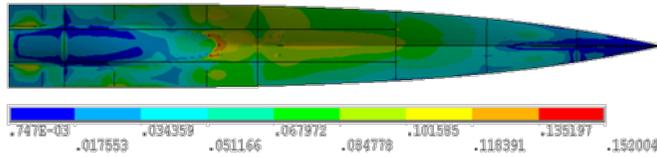


Использование ПКМ при создании основных узлов и элементов пропульсивных комплексов ведет к повышению ресурса, увеличивает межремонтные интервалы, ведет к снижению веса судна и повышает коррозионную стойкость изделий



Гибридная силовая установка (ГСУ), включаемая в систему судна, представляет собой тепловую машину, приводящую в действие генератор и электроэнергетическую систему ГСУ с распределением энергии по сети постоянного тока. Только за счёт данного решения **затраты на топливо можно будет снизить более чем на 40%.**





ПБ Композит осуществляет весь комплекс работ в области разработки судовых конструкций из ПКМ, включая:

- Разработка технологий изготовления;
- Полный цикл проектирования: от составления ТЗ до выполнения комплекса расчётов, выпуска пакета РКД и ТД согласно ГОСТ 2.102-2013 ЕСКД, включая РКД на оснастку;
- Постановка изделия и его оснастки на производство, сопровождение изготовления головного образца (серии);
- Согласование в РМРС и РКО.

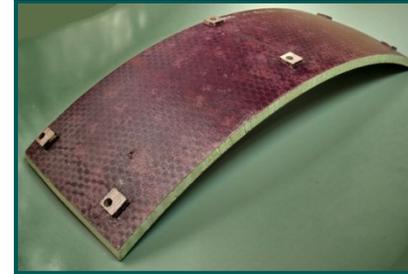
ПБ Композит владеет всеми основными технологиями ПКМ, необходимыми для судостроения и морской техники



Контактное формование



RTM Light



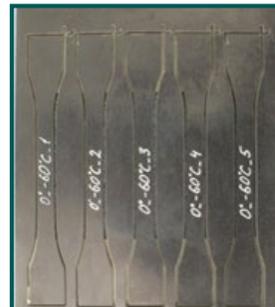
Автоклавное и вакуумное формование препрегов



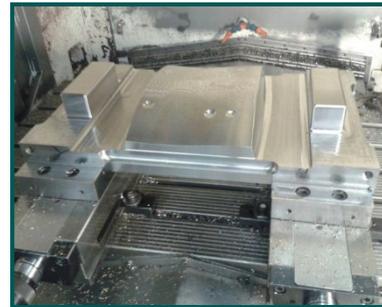
3D-ткачество из углеволокна



Термоформование термопластичных ПКМ



Инжекционное литьё армированных ТПКМ



Изготовление композитной и металлической оснастки



Вакуумная инфузия

Комплексный подход в разработке конструкции из ПКМ на примере создания самолёта – амфибии)

Самолет-амфибия (может быть реализован в формате БПЛА)

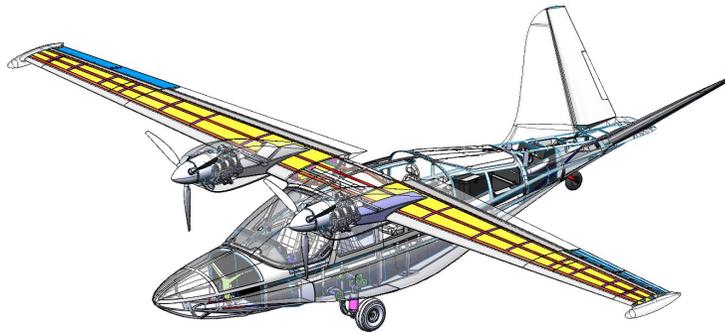


- Пассажирские перевозки
- Грузовые перевозки
- Полярная авиация
- Санитарная авиация
- Природоохранная деятельность
- Патрулирование

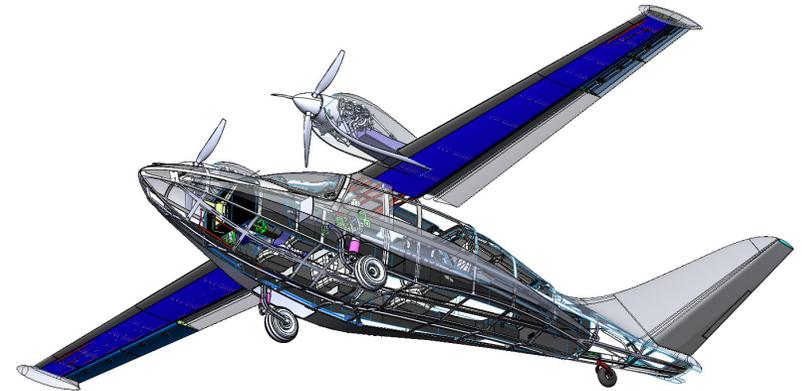
Общие данные		Габариты	
Количество двигателей	2	Длина	8.92 м
Количество мест, чел.	6	Размах	14.0 м
Крейсерская скорость	320 км/ч	Ширина фюзеляжа	1.65 м
Дальность полета	3200км	Высота фюзеляжа	1.68 м
Макс. взлетный вес	1800 кг	Дистанция разбега	200 м суша / 250 м вода
Грузоподъемность	900 кг		

Комплексный подход в разработке конструкции из ПКМ на примере создания самолёта – амфибии)

Цифровое проектирование



- Создана цифровая платформа, на базе которой возможно создание семейства самолётов амфибий, отличающихся характеристиками и размерами для различных сценариев использования.

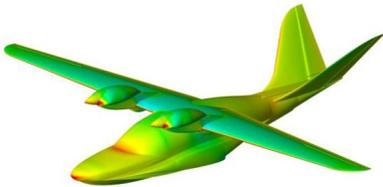


- Создание цифрового двойника в рамках цифрового производства, позволяет полностью предсказать жизненный цикл каждой машины на основе анализа массива данных при прохождении инспекции летательным аппаратом;

Комплексный подход в разработке конструкции из ПКМ на примере создания самолёта – амфибии)

Этапы проектирования

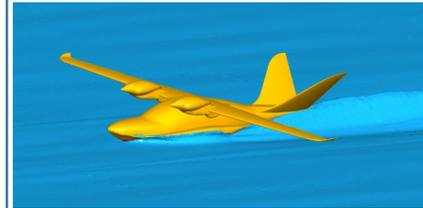
Разработка цифровой
модели эскизного
варианта внешней
стилевой
поверхности
Разработка ВИС
«Аэродинамика»



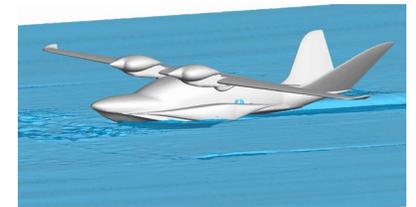
Проведение серии
виртуальных испытаний
на различных режимах
полета



Разработка ВИС
«Гидродинамика»

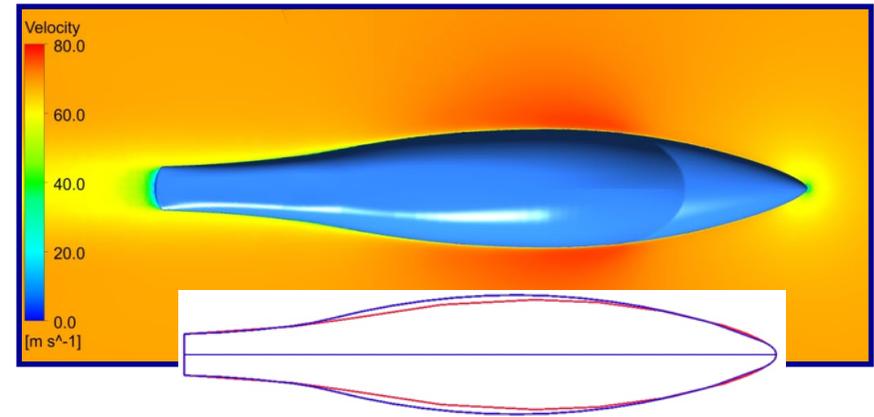
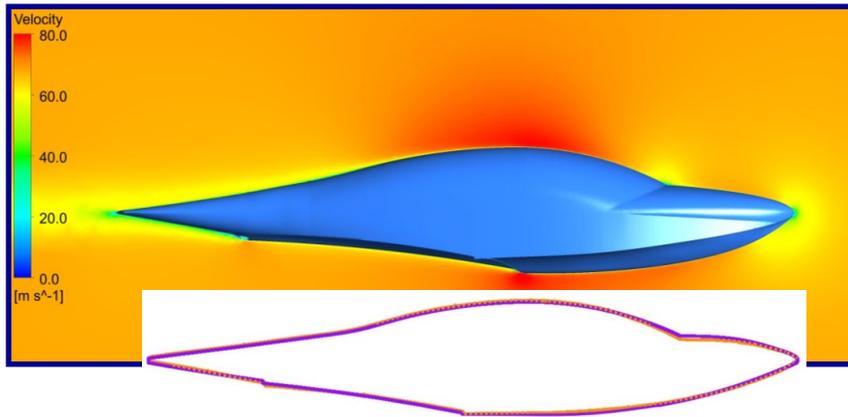


Проведение серии
виртуальных испытаний
для определения
динамического
поведения самолета на
воде

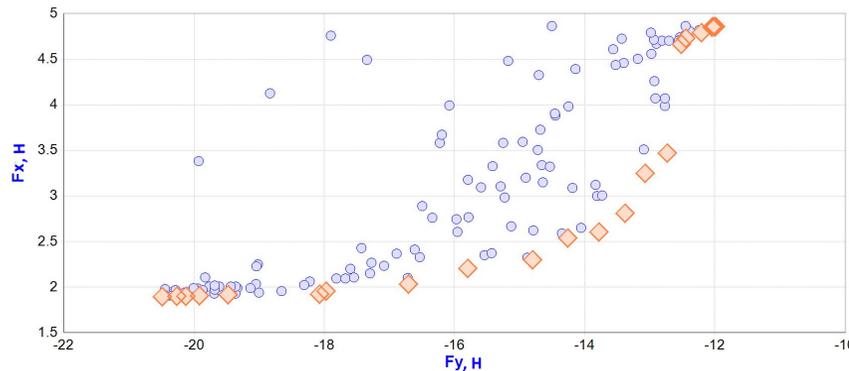


Комплексный подход в разработке конструкции из ПКМ на примере создания самолёта – амфибии)

Определение оптимальной формы фюзеляжа



Для поиска оптимального профиля фюзеляжа решено более 400 задач



- Оптимизированный профиль
- Исходный профиль

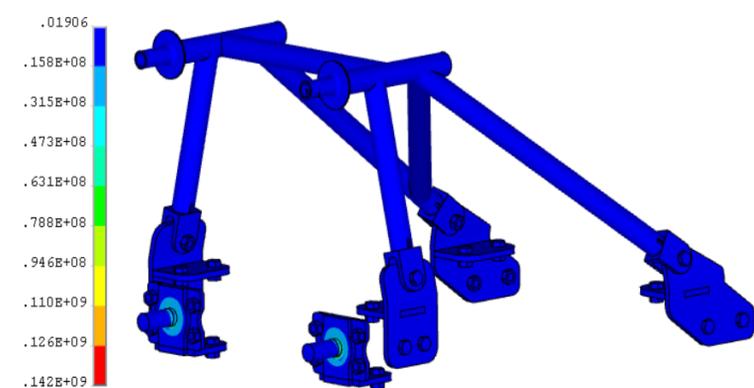
Комплексный подход в разработке конструкции из ПКМ на примере создания самолёта – амфибии)

Проверка прочности моторамы на различные случаи нагружения.
Интенсивность напряжений, Па

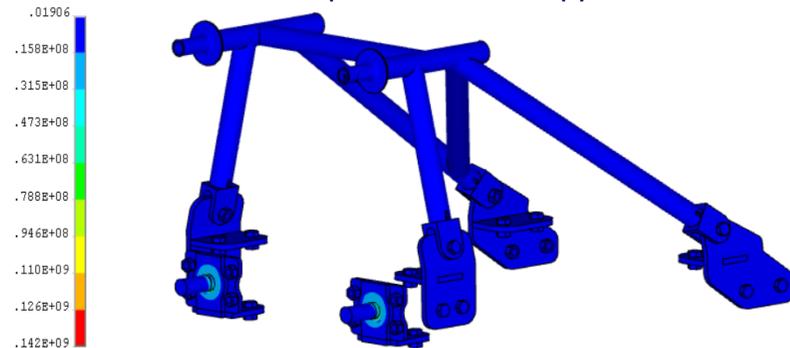
Задача №1. Крутящий момент от двигателя



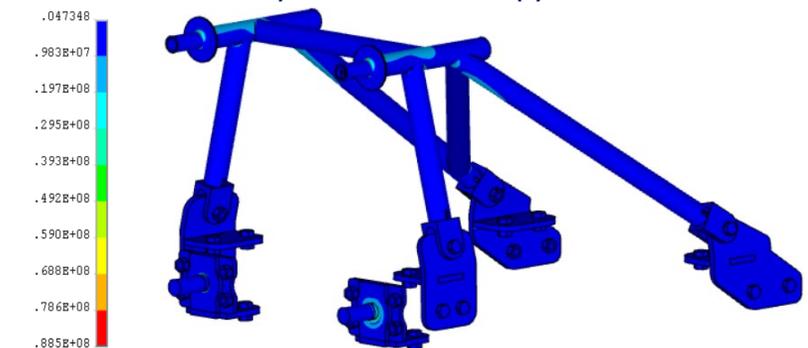
Задача №2. Боковая положительная нагрузка



Задача №3. Боковая отрицательная нагрузка

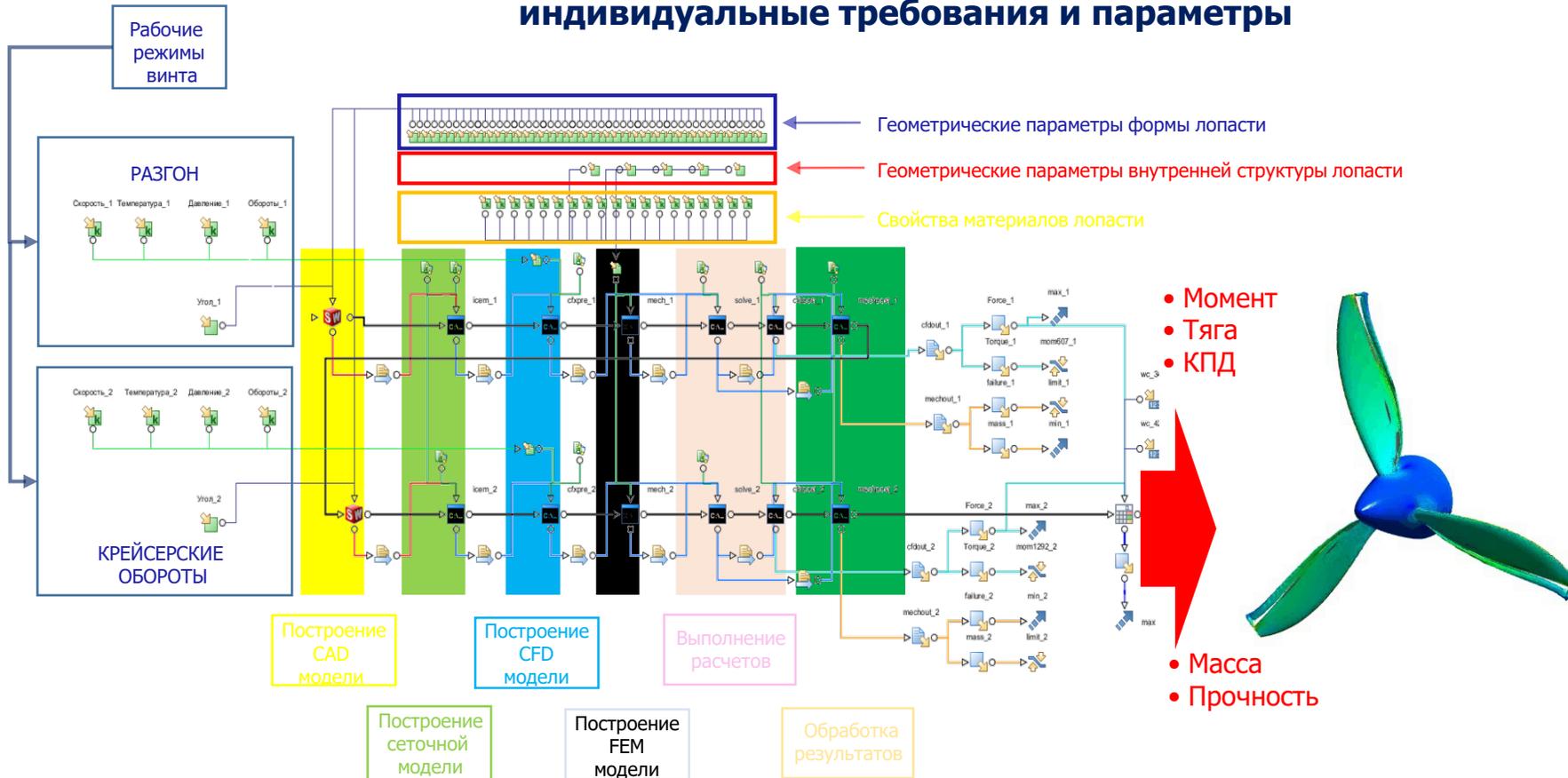


Задача №4. Эксплуатационная нагрузка



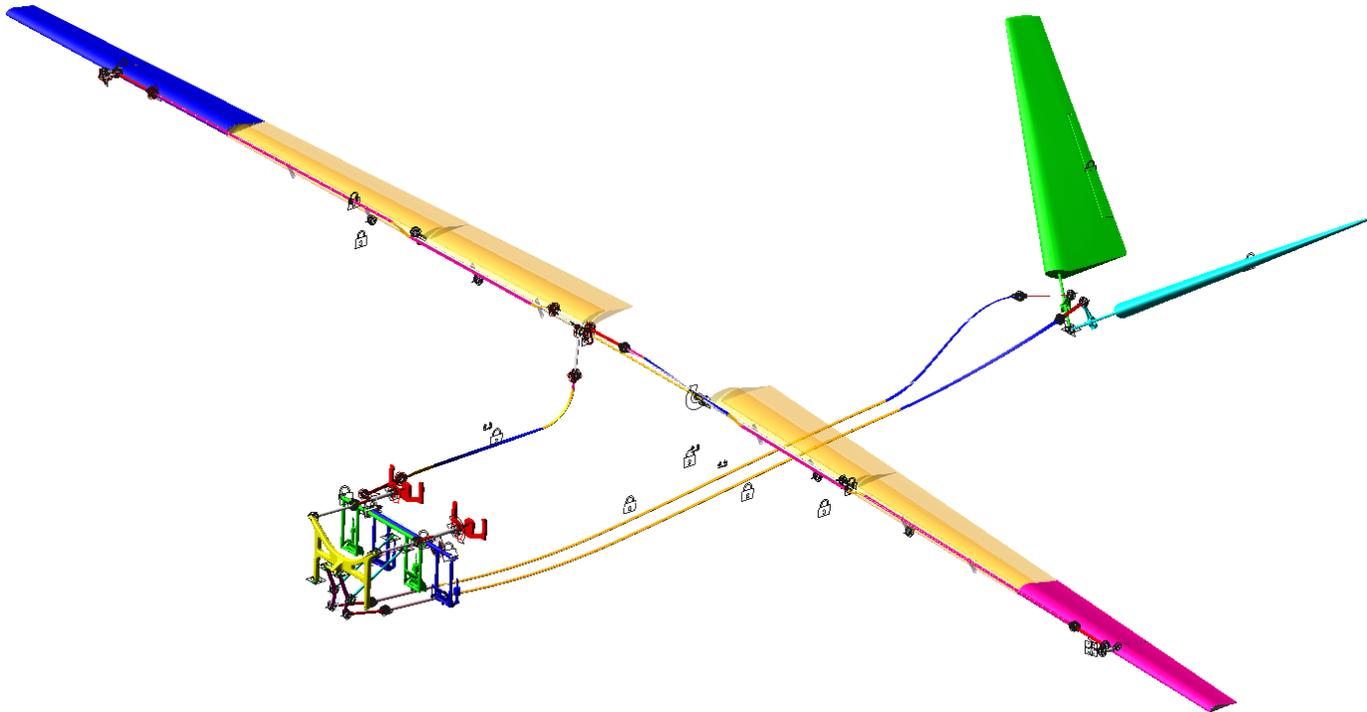
Комплексный подход в разработке конструкции из ПКМ на примере создания самолёта – амфибии)

Разработка методики определения формы лопастей винта под индивидуальные требования и параметры



Комплексный подход в разработке конструкции из ПКМ на примере создания самолёта – амфибии)

Система управления

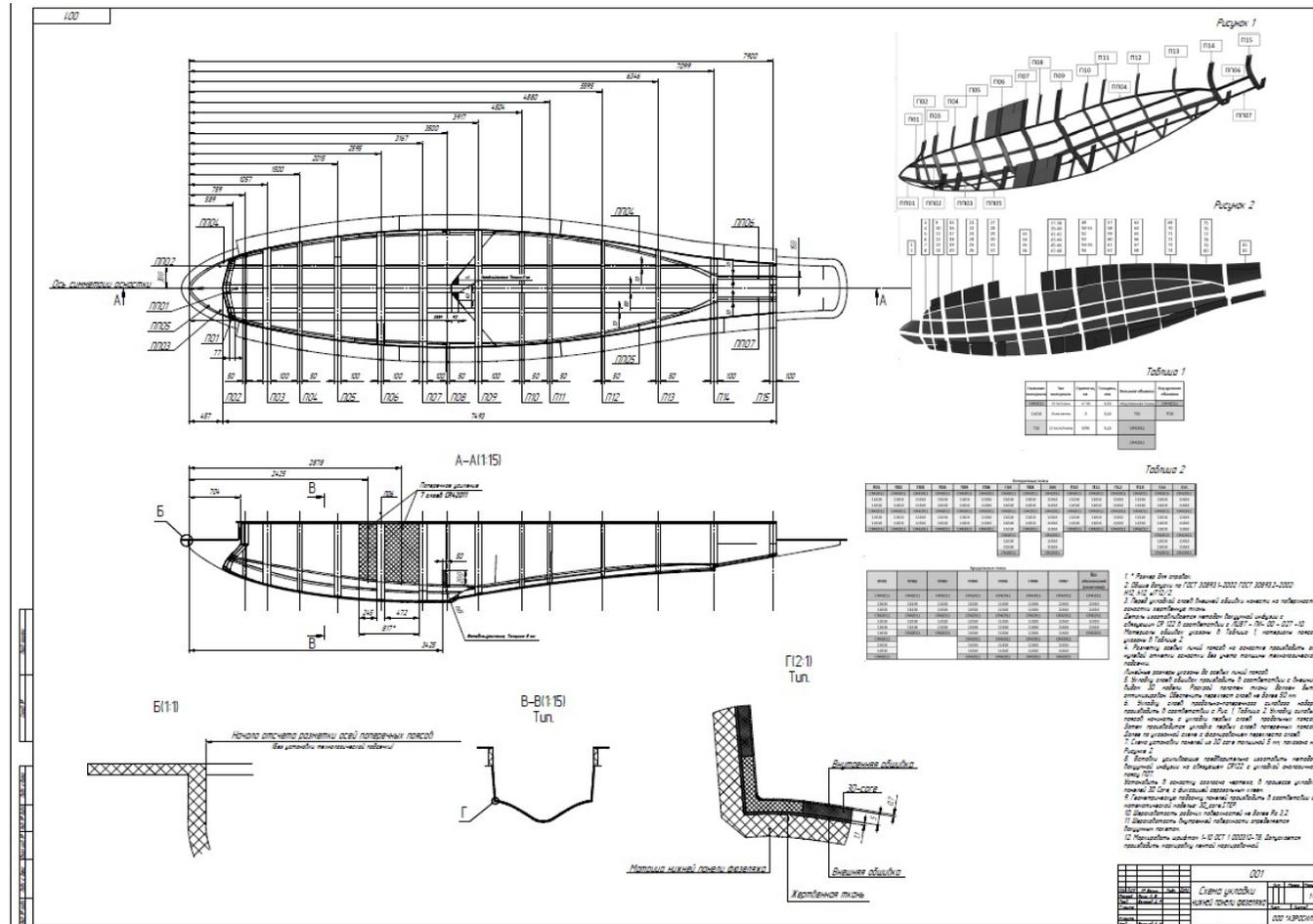


Состав математической модели системы управления на базе абсолютно твердых тел:

- 76 подвижных тел;
- 41 сферический шарнир;
- 22 заделки;
- 20 поворотных шарнира;
- 18 поступательных шарниров;
- 6 кинематических связей по скорости;
- 2 кардана;
- 1 цилиндрический шарнир;
- 3 закона движения.

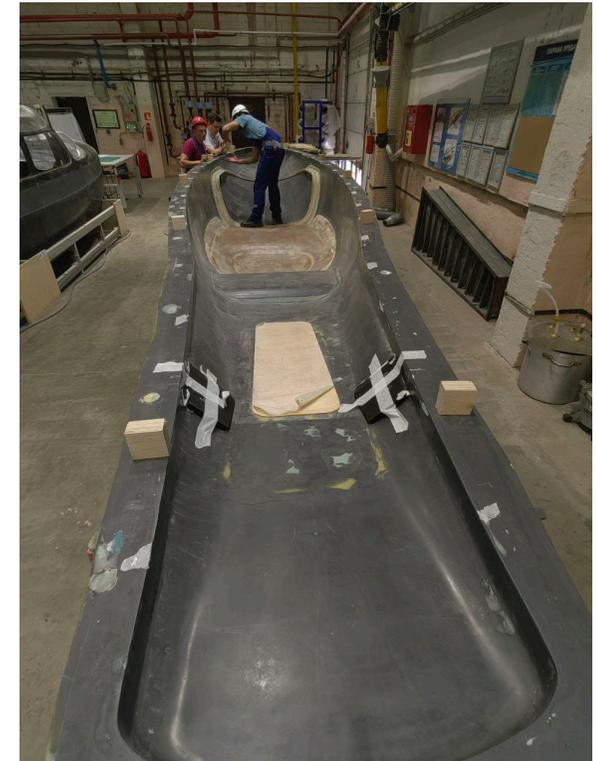
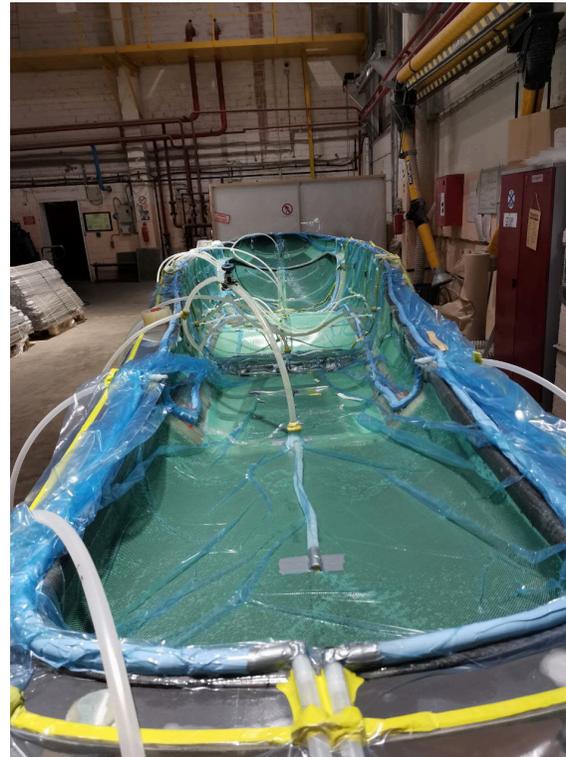
Комплексный подход в разработке конструкции из ПКМ на примере создания самолёта – амфибии)

Разработка комплекта конструкторской документации



Комплексный подход в разработке конструкции из ПКМ на примере создания самолёта – амфибии)

Этапы производства



Комплексный подход в разработке конструкции из ПКМ на примере создания самолёта – амфибии)

Этапы производства



Анализ международного и отечественного судостроения, а также опыт эксплуатации судов различных типов из полимерных композиционных материалов, стали и алюминиевых сплавов показывает, что не смотря на несколько большие затраты на этапе строительства оптимизированная конструкция из ПКМ на жизненном цикле даёт существенное снижение эксплуатационных расходов, что делает её более выгодной по сравнению с другими вариантами исполнения.

Однако, кроме самой конструкции корпуса судна, важно провести глубокий анализ и перепроектирование основных элементов и узлов пропульсивной системы, а также оптимизировать оборудование и технологии рыбного промысла, позволяющих снизить количество членов экипажей судов.

Помимо данных мер видятся перспективными начатые исследования и разработки по созданию гибридных силовых установок, осуществляемых в кооперации с ООО «ПКБ Петробалт» , ООО «Российское электротехническое общество» (г. Санкт-Петербург), ФГАОУ ВО «ЯГТУ» (г. Ярославль), ООО «ФЕНИКС» (г. Тутаев, Ярославская область) и ПБ Композит (г. Великий Новгород).

Предлагаемый комплексный подход позволит осуществить качественный скачок в малотоннажном судостроении для рыбного промысла и повысить конкурентоспособность отрасли в целом.



ООО ПКБ “ПЕТРОБАЛТ”

199106, Санкт-Петербург, ул. Карташихина, 1-3, лит. А

+7 (812) 644 56 86

+7 (812) 644 56 88

office@pertobalt.ru

petrobalt.ru