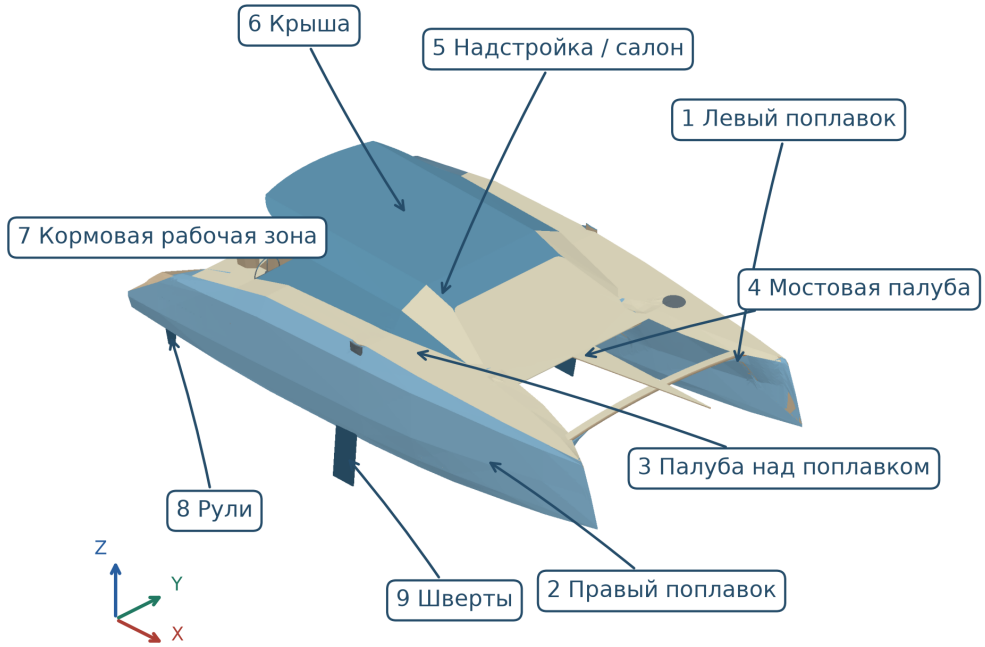
ECONA

Океанский перерасчёт
Масса, нагрузки, обшивка и силовой набор

ECONA: части существующей сборки



Исходная CAD-геометрия: 13,6 м; ширина 7,398 м. Надстройка показана целиком.

Текущая полная CAD-компоновка. Обшивка, палубы, крыша, стены и верхние части набора сохранены.

Дата и редакция	Осадка	Экипаж
18 октября 2026 · v5.0	Не более 0,53 м для поплавков	2 постоянно; до 8 на переходах

Это **предварительный инженерный перерасчёт** при явно заданных материалах, нагрузках и весовых допущениях. Он выявляет ограничения вариантов и направления облегчения. Полная океанская прочность и строительные толщины ещё не утверждены: реальные свойства, соединения и связная общая FEM-модель остаются необходимыми.

01 Главные результаты

Вопрос	Результат
Осадка и полная масса	Свежий Ship и независимая интеграция: 7155,7 кг при 0,53 м в морской воде; 6981,2 кг в пресной. Только ровная посадка.
Местные океанские нагрузки	Расчётная морская огибающая до 28,7 кПа. Проверки сравнения: 30 кПа, локальные удары 55-80 кПа и чувствительность 160 кПа.
Прежнее ребро ФСФ 50×150×4	При 0,8 м и шаге 0,3 м не проходит назначенный экран прочности/сдвига; требует изменения схемы или сечения.
Лёгкая предложенная конфигурация	Стеклосэндвич верхних панелей/переборок и полый стеклопластиковый набор: около 6,95 т с двумя людьми и резервом массы. При восьми: 7,80 т. Это условные бюджеты, не взвешенный проект.
Материалы в РФ	Подтверждены каталоги ФСФ, Т11, эпоксидных компонентов, сухой сосны и вакуумных материалов. PVC H есть в каталоге поставщика РФ; склад/сроки и SAN не подтверждены.

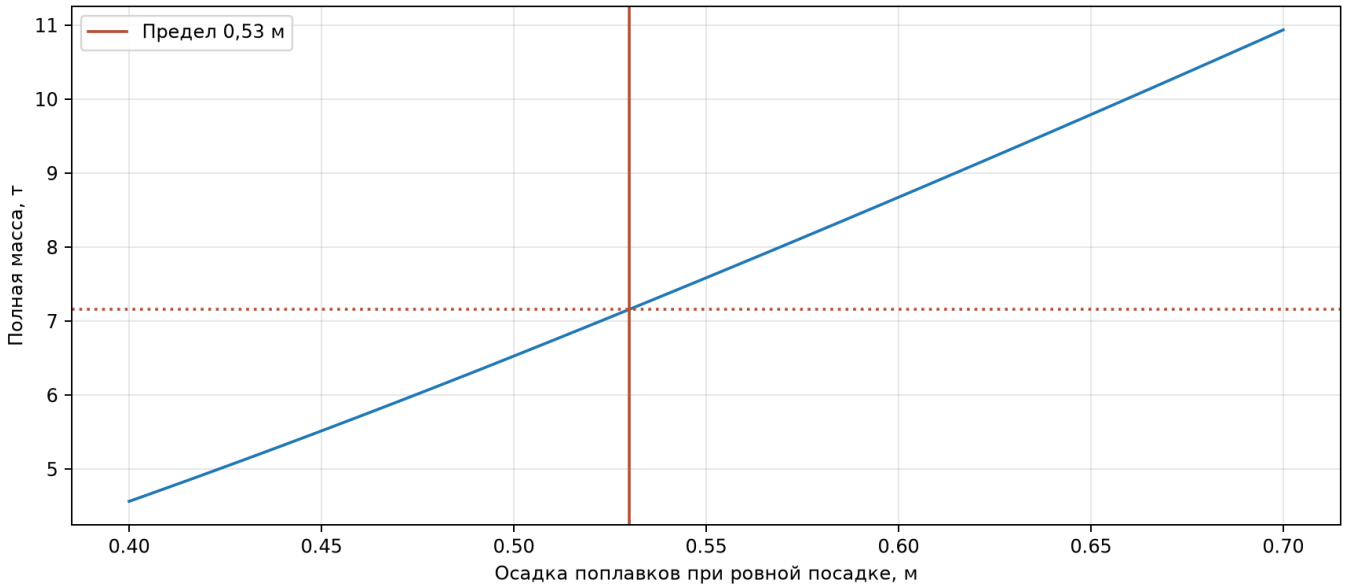
Главный вывод: облегчать надо **всю конструкцию и оснащение**. Смена только обшивки поплавков не обеспечивает осадку 0,53 м для любой загрузки. Сосна 3×8 мм сохранена как исходный пользовательский вариант; 3×4/3×5 не назначены вместо неё.

02 Что рассчитано и где проходят границы

Проверка	Выполнено	Ограничение
Гидростатика	Нативный FreeCAD Ship 1.1.4, два Solid; независимая интеграция	Крен, дифферент и действительные веса не назначены
Нагрузки	Подстановка в математические выражения BV NR500; морская огибающая; местные пятна	Новый тип тяги от кайта требует согласования применимости правил
Обшивка	14 пакетов, ABD-связность изгиба/растяжения, X/Y, поперечный сдвиг, пролёты 0,15-0,65 м	Свойства обкладок и мокрая склейка сценарные; нет расчёта разрушения удара/усталости
Набор	Балочная проверка изгиба и сдвига, местная нагрузка на вторичные рёбра	Эффективная обшивка и соединения не засчитаны без подтверждения
FEM	FreeCAD FEM-образец, Gmsh, CalculiX, три сетки и баланс сил	Локальная эквивалентно-изотропная модель ребра; не общая FEM судна
Общая конструкция	Условные продольные сечения по CAD с полной надстройкой; пример поперечного короба	Идеальная непрерывность, без концентраций, потери устойчивости и реальных стыков

Миссия - океанская кругосветка, маршрут и сезон пока не определены. Ледовые воздействия, полярная эксплуатация, повреждённые состояния и закрепление действительных запасов не подтверждены. Сравнение полезно для выбора следующей проектной итерации, но не заменяет проект, проверенный по выбранной системе правил.

03 Геометрия и гидростатический предел



Измерение	Результат
Обшивка двух поплавков	116,013 м²
Ниже / выше границы 0,53 м	34,500 / 81,514 м²
Ватерлиния одного поплавка: LWL / BWL	13,600 / 0,986 м
Расстояние между осями поплавков BE	6,158 м
Подводный объём двух поплавков	6,981205 м³
Запас массы лёгкого сценария до среза 0,53 м	Море 207 кг; пресная вода 32 кг

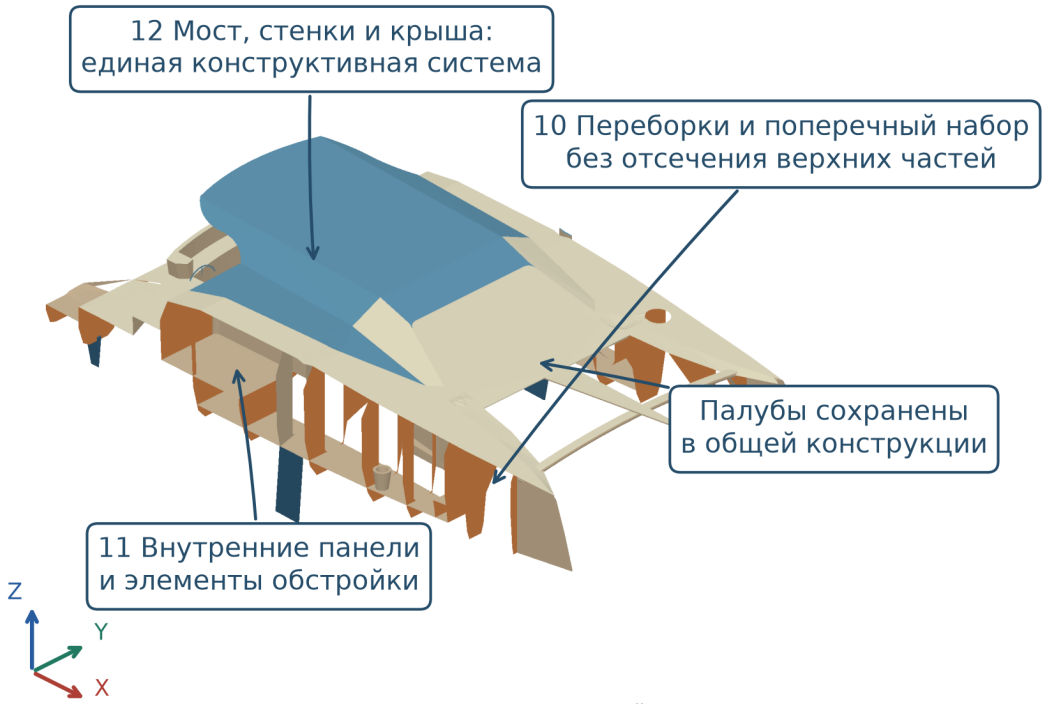
LWL/BWL получены по наружной водоплоскости текущей модели. Модельный ноль - нижняя точка обшивки; теоретическая основная плоскость и moulded-размеры правил могут отличаться на толщину материала. Это геометрическая подстановка для предпроекта.

Осадка 0,53 м относится к обшивке поплавков. Максимальная местная осадка при крене и дифференте может быть больше ровной; геометрический предел не равен допустимой безопасной массе.

04 Силовая система сохраняется целиком

Мост и надстройка: общая конструктивная геометрия

Скрыта только обшивка поплавков и оборудование. Крыша, стенки и палубы сохранены.



Исходная CAD-геометрия: 13,6 м; ширина 7,398 м. Надстройка показана целиком.

Группа CAD	Площадь поверхности, м²
Decks	95,28
Superstructure	39,07
Transverse	46,71
Internals	60,25

Для массового сравнения этим поверхностям назначены условные пакеты. Это не окончательная ведомость деталей: требуется сверить двойные поверхности, назначение внутренних панелей, примыкания и отсутствующие строительные элементы. Площади не превращены в известную массу автоматически.

Все 20 элементов группы надстройки и 10 элементов палуб сохранены. Верхние панели обеспечивают возможный силовой путь, но их количественный вклад зависит от непрерывности и соединений.

05 Морские давления и локальные удары

Зона от кормы по ватерлинии	Внутренний борт / низ, кПа	Наружный низ, кПа
1	17,27	15,80
2	17,27	15,80
3	23,00	21,03
4	28,72	26,26

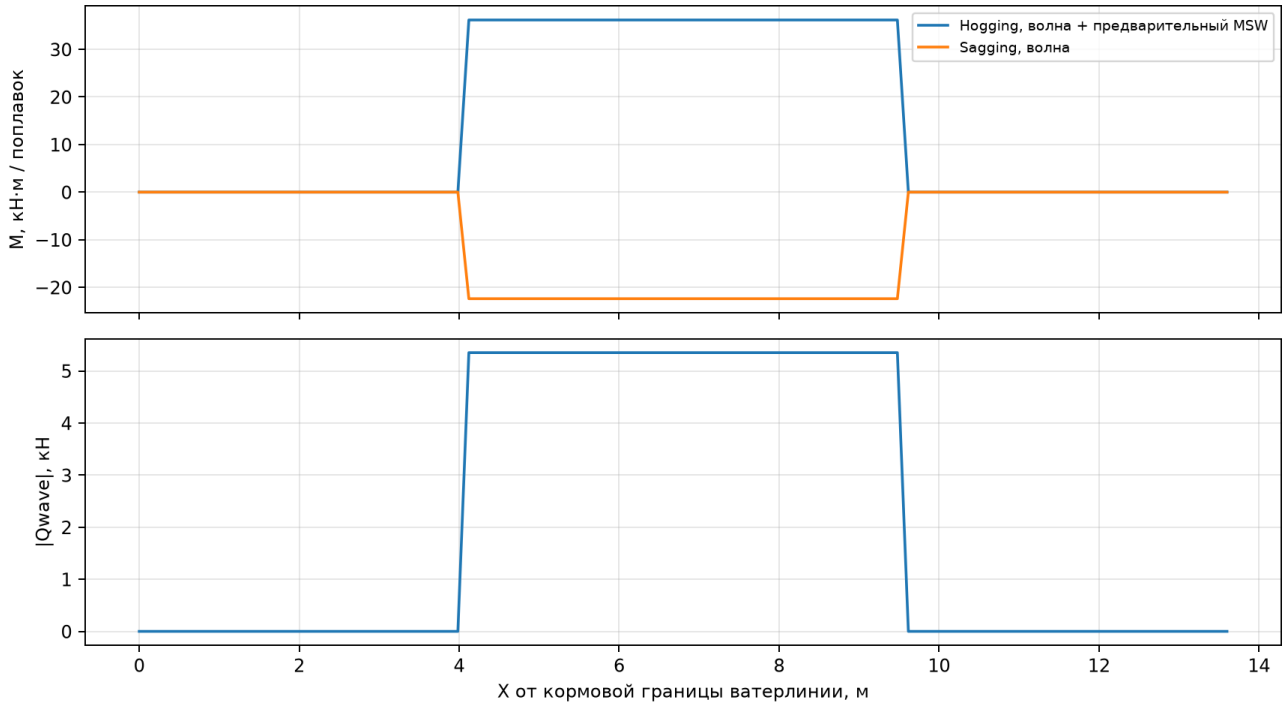
Подстановка использует n=1 и коэффициенты парусного катамарана как предварительную огибающую; для кайта это не формальное присвоение класса. Максимальная ширина подставлена вместо неизвестной местной ширины каждой зоны. Для сравнения первичного набора приняты 30 кПа.

Местный удар	Площадь пятна	Сила
55 кПа	Круг Ø0,6 м = 0,283 м²	15,55 кН
70 кПа	Круг Ø0,6 м = 0,283 м²	19,79 кН
80 кПа	Круг Ø0,6 м = 0,283 м²	22,62 кН

80 кПа - местное пятно, а не давление на весь мост. Для сэндвича динамическое усиление зависит от периода панели и времени нарастания удара. Добавлена чувствительность 160 кПа около верхней оценки 1,96×80; собственные формы панели ещё нужны.

Методическая основа: BV NR500, Pt B Ch4, Sec3, печатные стр.93-95; динамика панели - NR546 Sec6. Проверка полного набора критериев этих правил здесь не заявляется.

06 Глобальный изгиб и косая волна



Величина	Подстановка
Hogging: предварительный MSW + волна, на поплавок	36,17 кН·м
Sagging: волна, на поплавок	22,39 кН·м
Косая волна MWT	71,57 кН·м
Сила F = MWT/LWL для базовой схемы	5,26 кН
Требуемый W при условных 10 МПа на поплавок	0,00362 м³

Эпюры - правиловая огибающая, не интеграл реальной весовой и плавучей нагрузки. Фактический MSW для полных/расходованных танков предстоит получить после весовой ведомости. MWT нельзя напрямую приравнять моменту любого сечения моста.

07 Зарывание носов и кайт

Принятое d, м	F′, кН	Разностная погонная нагрузка, кН/м	Результирующая, кН
2,0	30,3	2,97	5,94
3,0	45,4	4,45	13,36
4,0	60,6	5,94	20,19

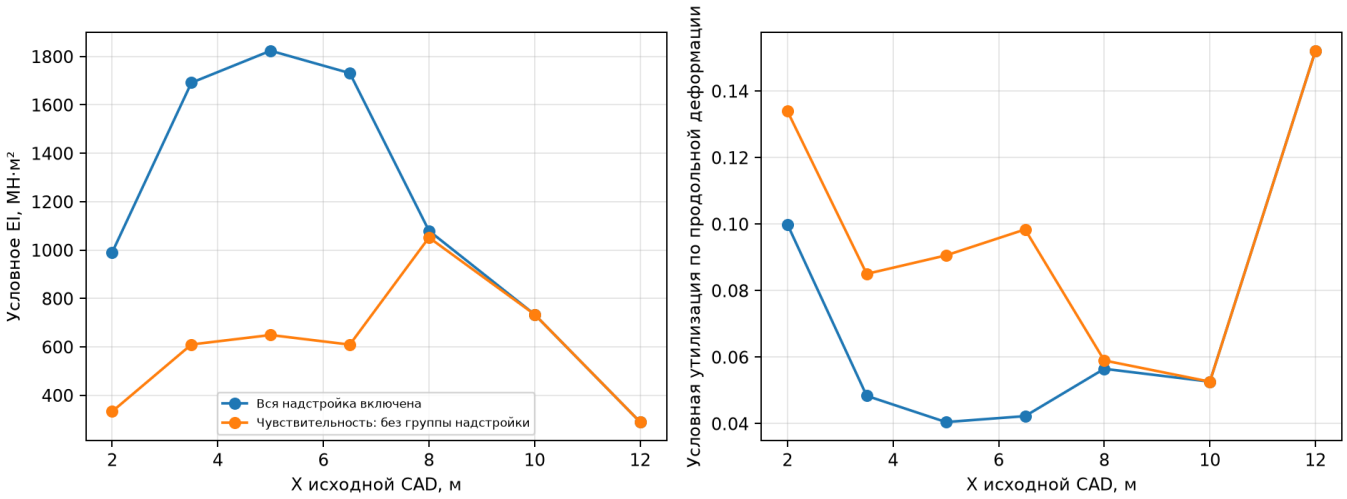
d - расстояние от носа до передней границы платформы. В таблице d варьируется, поскольку строительная граница и погружаемый объём не утверждены. Это отдельное воздействие, а не коэффициент, которым умножается вся масса. Распределение зависит от дифферента, крена и формы носов.

Кайт не заменён нагрузками обычной мачты. Для каждого режима нужны тяга, направление, рывок, высота и координаты узла, а также силы от запуска/возврата. Моменты определяются как r×F, с вертикальной разгрузкой и инерцией. Прежние пределы 8 / 12 кН из чужих сценариев не утверждены как допускаемые.

Проверка узла кайта	Что определяет
Передача силы в мост/поплавки	Усиления и соединения, а не только прочность ткани
Отрыв и сдвиг клея	Эксцентриситет, длина нахлёста, температура, мокрые испытания
Усталость и аварийный сброс	Число циклов, рывки, допустимое повреждение
Комбинации с волной	Общая пространственная модель с полной надстройкой

Допустимая тяга кайта и штормовой режим этим отчётом не назначаются. Сначала надо подтвердить путь сил и условия эксплуатации.

08 Общая работа надстройки



Сечения проведены через сохранённые CAD-поверхности. При назначенных слоях рассчитаны EA, нейтральная ось и EI с гипотезой идеальной непрерывности; это условный продольный скрининг, не связная общая FEM. Снижение графика без группы надстройки - только численная чувствительность, не вариант удаления конструкции.

Пример поперечного короба	С крышей	Без крыши
Габариты условного сечения	0,8 м по X; высота 1,5 м	Тот же пример
EI, МН·м²	68,32	35,07
Напряжение при условных 80 кН·м, МПа	6,15	15,80

В примере крыша повышает EI в 1,95 раза. Геометрия короба и доля нетто-стенки 35 % назначены: это объяснение механизма, не измеренный вклад реальной крыши. Люки, окна, сдвиговая податливость и стыки способны существенно изменить результат.

09 Материалы для сравнительного экрана

Материал	Плотность, кг/м³	Модули / назначенные пределы
Сосна	500	E1=8 ГПа, E2=0,4; пределы 10/1/1 МПа
ФСФ берёзовая	680	E1/E2=7/3 ГПа; пределы 10/5/1,5 МПа
T11/эпоксидный ламинат	1585	E1/E2=20/14 ГПа; пределы 60/40/15 МПа
PVC H80	80	G=23 МПа; сдвиговый экран 0,95/3=0,317 МПа
PVC H100	100	G=28 МПа; сдвиговый экран 1,4/3=0,467 МПа
XPS	45	E=20 МПа по исторической аналогии; G=6 МПа гипотеза; допускаемый сдвиг неизвестен

Пределы обкладок намеренно заданы как пониженный сравнительный экран. Это не результаты испытаний наших материалов, не автоматически нормативные допускаемые напряжения и не сертификат партии. Исторические подстановки разрешены пользователем, но их происхождение и чувствительность сохранены.

Сдвиг сердечника не получен из сжатия при 10 % деформации. Для XPS, EPS и PIR нельзя завершить проверку сэндвича без сдвига, отрыва склейки и мокрой усталости. Для SAN в прежней базе имеются типовые данные, но закупка нужной партии в РФ пока не подтверждена.

T11 снаружи: три слоя ниже 0,53 м, два выше. Внутренние слои стеклянного сэндвича добавлены отдельно. Доля смолы 1:1 по массе со стеклом - сценарий ручной укладки, а не достигнутый технологический показатель.

10 Предлагаемые пакеты обшивки



В сосновом исходном варианте слои 8/8/8 мм с взаимным поворотом 45° сохранены. Абсолютная схема 0/45/90° относительно X остаётся расчётным допущением. Несимметричный деревянный пакет учитывается через ABD-связность; радиус оболочки, увлажнение и дефекты требуют отдельной проверки.

HY6: ФСФ4+4/H80 25/сосна6. FF: ФСФ4/H80 25/ФСФ4. G: T11 снаружи/H80 или H100/T11 внутри. Рисунки показывают порядок слоёв, а не строительные размеры узлов.

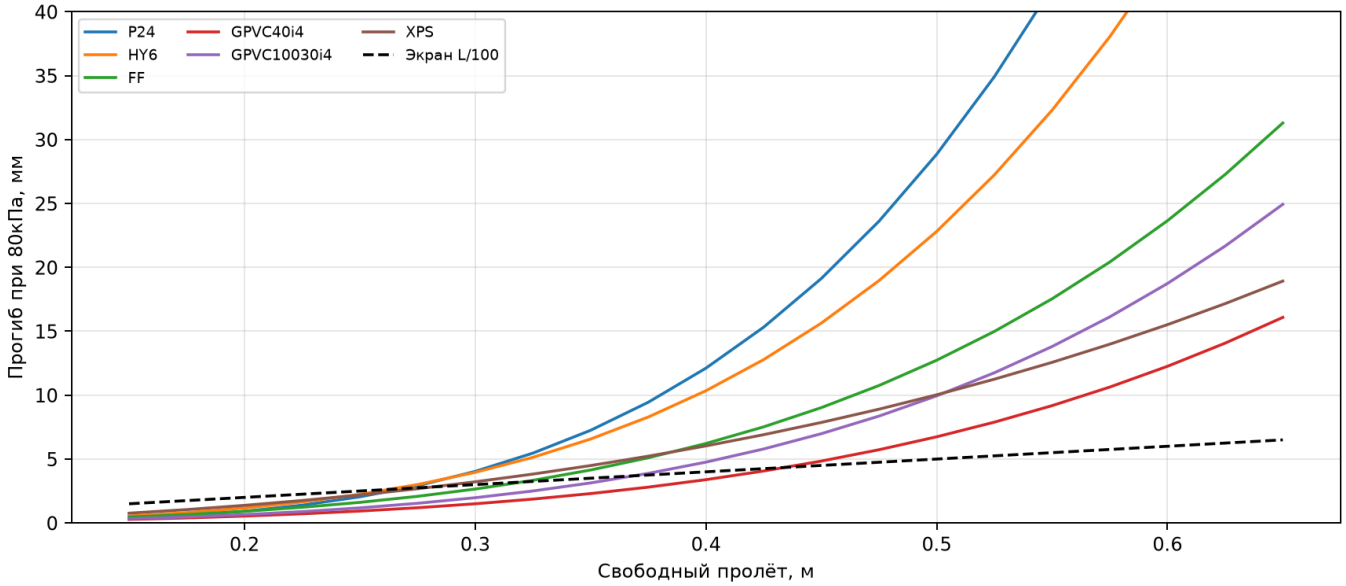
11 Обшивка под морской и ударной нагрузкой

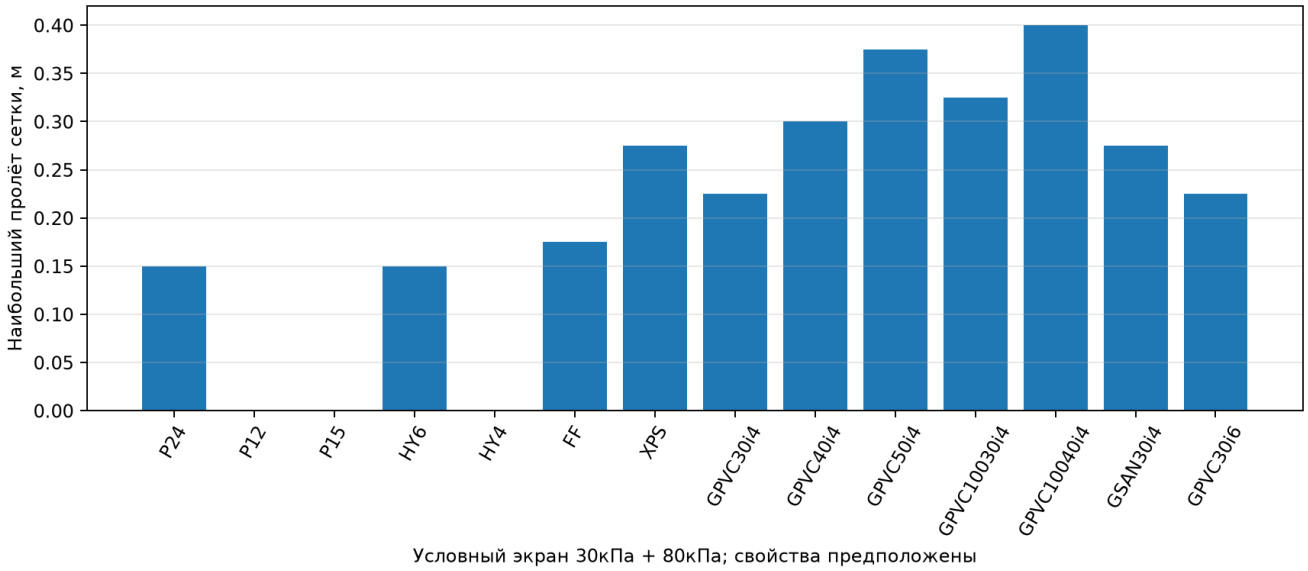
Вариант	Две обшивки, кг с 10 % стыков	Пролёт сетки, м
P24 Сосна 8/8/8	1910	0,150
P12 Сосна 4/4/4, альтернатива	1145	<0,15 / не найден
P15 Сосна 5/5/5, альтернатива	1336	<0,15 / не найден
HY6 ФСФ 4+4 / H80 25 / сосна 6	1739	0,150
HY4 ФСФ 4+4 / H80 25 / сосна 4	1612	<0,15 / не найден
FF ФСФ 4 / H80 25 / ФСФ 4	1328	0,175
XPS ФСФ 6 / XPS 50 / ФСФ 6	1707	0,275
GPVC30i4 T11 / PVC 30 / T11 ×4	1040	0,225
GPVC40i4 T11 / PVC 40 / T11 ×4	1142	0,300
GPVC50i4 T11 / PVC 50 / T11 ×4	1244	0,375
GPVC10030i4 T11 / PVC100 30 / T11 ×4	1116	0,325
GPVC10040i4 T11 / PVC100 40 / T11 ×4	1244	0,400
GSAN30i4 T11 / SAN 30 / T11 ×4	1059	0,275
GPVC30i6 T11 / PVC 30 / T11 ×6	1236	0,225

Пролёт - максимум дискретной сетки при 30 кПа для трёх наружных слоёв и 80 кПа для двух наружных слоёв, в обоих направлениях. Экран прогиба L/100 и заданные напряжения; это не утверждённый шаг набора. Чувствительность 160 кПа рассчитывается отдельно. Для XPS скрининг неполный: допускаемый сдвиг сердечника неизвестен.

Нельзя сравнивать варианты только по удельной массе. Более тонкая оболочка может потребовать значительно более частого и тяжёлого набора; показанные массы пока относятся лишь к обшивкам.

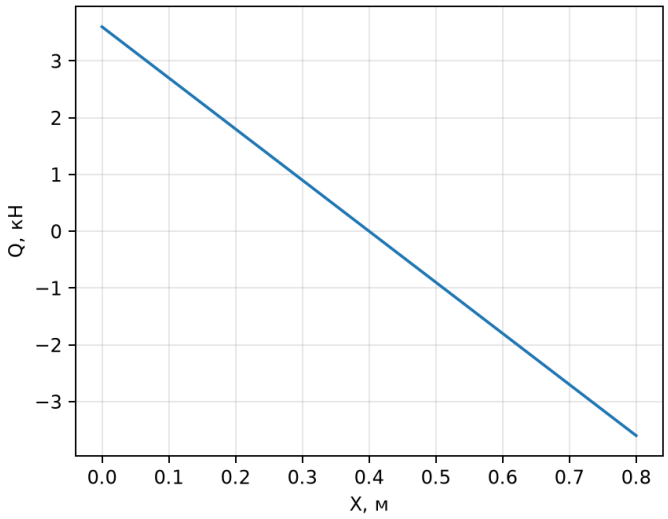
12 Почему важен свободный пролёт

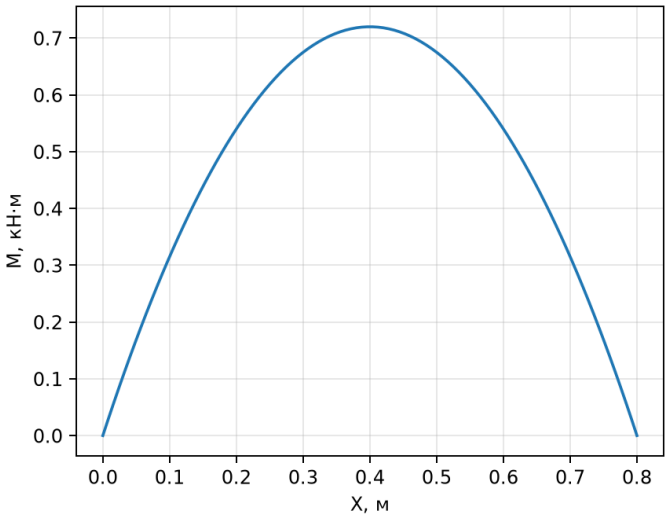




Однополосная модель не засчитывает положительный эффект двунаправленной работы и кривизны; с другой стороны, она не проверяет концентрации у стыков, локальную потерю устойчивости и разрушение при ударе. Поэтому результаты служат сравнением и постановкой испытаний, а не готовыми толщинами.

13 Перерасчёт коробчатого набора





Пролёт, м	p, кПа	σ изгиба, МПа	τ стенок, МПа	Прогиб, мм
0,800	30	13,36	3,17	3,11
0,800	40	17,82	4,23	4,14
1,000	30	20,88	3,96	6,34
1,000	40	27,84	5,28	8,46
1,763	30	64,90	6,98	46,86
1,763	40	86,53	9,31	62,48

Проверено отдельное ребро ФСФ 50×150×4 мм, шаг 0,3 м, шарнирное опирание. Эффективная присоединённая обшивка не засчитана. При сценарных пределах 10 МПа по изгибу и 1,5 МПа по сдвигу эти строки не проходят экран.

В CAD обнаружено 18 координат с ненулевыми поперечными поверхностями. Это не доказательство 18 полных силовых переборок. Наибольший геометрический промежуток 1,763 м; семь промежуточных координат до шага 0,8 м - лишь предварительная разметка, не готовые рамы.

14 Рёбра под местным ударом

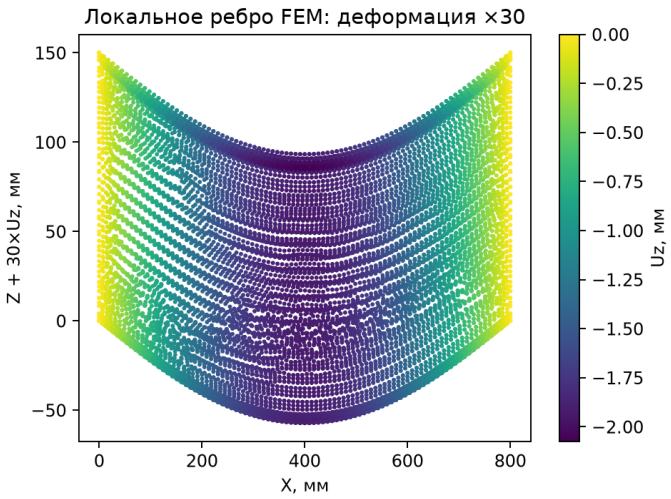
Короб, мм	p, кПа	σ / τ, МПа	Экран
ФСФ 50,0×150,0×4,0	80	33,4 / 6,3	Не проходит
ФСФ 50,0×150,0×4,0	160	66,8 / 12,7	Не проходит
Т11 50,0×180,0×1,9	80	49,0 / 10,5	Условно проходит
Т11 50,0×180,0×1,9	160	97,9 / 21,0	Не проходит
Т11 50,0×220,0×2,9	80	24,1 / 5,8	Условно проходит
Т11 50,0×220,0×2,9	160	48,3 / 11,5	Условно проходит

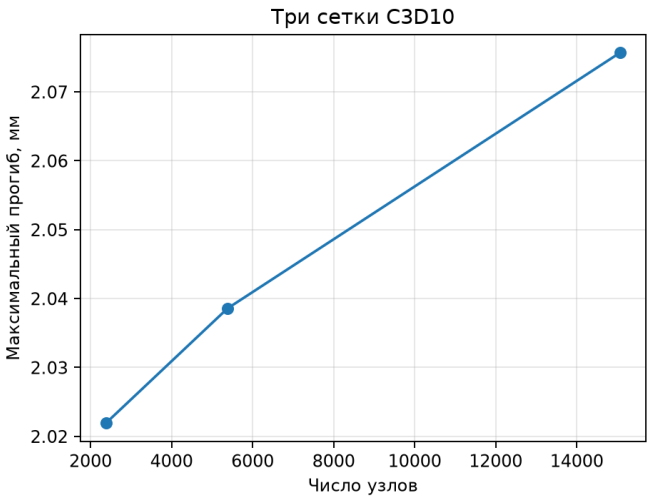
Нагрузка приложена на длине до 0,6 м при пролёте 0,8 м и полосе влияния 0,3 м. Полый короб из четырёх слоёв Т11 около 50×180×1,94 мм проходит заданный экран при 80 кПа, но не при 160. Короб 50×220×2,91 мм из шести слоёв проходит этот экран и при 160 кПа, ценой большей массы.

Условное прохождение относится только к изгибу и сдвигу при назначенных свойствах. Устойчивость стенок, присоединение к панели, опорные участки, усталость и технологические дефекты ещё не подтверждены.

Пенный формообразователь, если его оставить внутри, добавляет массу. В массовом примере полый короб предполагает съёмную или удаляемую оснастку; заменить её постоянным сердечником без пересчёта нельзя.

15 FEM локального ребра и сходимость





Размер сетки, мм	Узлы / C3D10	Прогиб, мм
50	2380 / 1168	2,0219
30	5382 / 2649	2,0386
18	15062 / 7508	2,0757

Геометрия создана в отдельном FreeCAD FEM-документе, сетка - Gmsh, решение - CalculiX. Порядок узлов квадратичного тетраэдра переведён из Gmsh в CalculiX явно. Реакции проверены с учётом приложенных на опорные узлы сил; суммарная нагрузка 7200 Н.

Последнее изменение прогиба 1,82 %. Материал в этом контрольном FEM эквивалентно изотропный E=7 ГПа, ν=0,3. Его нельзя считать реальной ортотропной фанерой или общим расчётом судна. Для принятия ребра нужны ортотропная модель, соединение с обшивкой и проверка напряжений/устойчивости.

Эталон Эйлера-Бернулли без поперечного сдвига: 1,697 мм. Отличие объёмной модели ожидаемо из-за сдвига и деформации сечения; совпадение с идеальной балкой не заявлено.

16 Единая массовая методика

Статья	Метод
Обшивка поплавков	Измеренные 116,013 м²; раздельная граница T11 на 0,53 м; смола, клей, отделка; 10 % на стыки/накладки
Палубы и надстройка	Все площади CAD-групп сохранены; исходно ФСФ4/H80 25/ФСФ4
Поперечные элементы	46,709 м² геометрии с пакетом ФСФ6,5/H80 10/ФСФ6,5
Внутренние панели	Пока ФСФ6, без приравнивания всей группы к оборудованию
Продольный набор	Длина приближённо площадь/шаг; масса голого короба плюс 20 % на покрытие/стыки
Дополнительные рамы	Назначенная площадь 1,4 м² на промежуточную координату, не измеренные детали
Прочая конструкция	120 кг выступающих частей и 150 кг местных вставок/соединений - бюджеты
Резерв	15 % всей сухой установленной массы, затем люди, вода, провизия и личные вещи

Главная неопределённость - перевод поверхностей CAD в ведомость деталей. Назначение пакета каждой поверхности не является измерением её реального объёма материала. Пропуски и двойной счёт надо устранить деталировкой; показанные результаты нельзя читать как доказательство того, что существующая модель уже весит указанное число.

Расходы закупки и масса судна разделены: отходы 15 % прибавляются к заказу материалов, а не автоматически к установленной конструкции. Резерв сухой массы - другая статья.

17 Оснащение и состояния загрузки

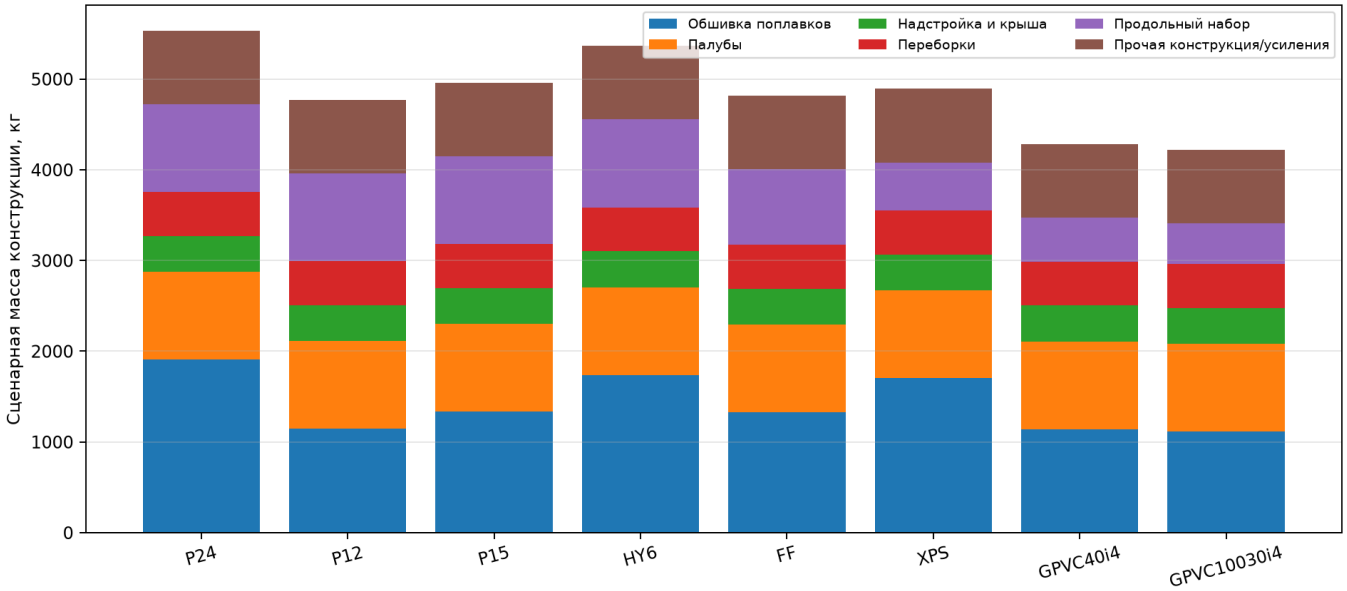
Сухое установленное оборудование	Принятый бюджет, кг
Приводы полностью, включая передачи и охлаждение	230
АКБ 35 кВтч установленный сценарий	320
PV и крепления	200
Кайт, запуск, лебёдки и стропы	220
Электрика, CAN, ИИ, навигация	150
Якорное и швартовное	140
Сантехника, насосы и опреснитель	140
Остекление и люки	140
Оборудование интерьера без CAD-панелей	100
Спасательное и пожарное	160
Инструмент и запчасти	120

Загрузка	2 человека	8 человек
Люди	180 кг	720 кг
Вода	250 кг	350 кг
Провизия	88 кг	176 кг
Личные вещи	40 кг	160 кг

АКБ35 кВтч/320 кг - новый единый сравнительный сценарий, не выбор батареи. Моторная система72 В сохраняется. Внешний вариант80 кВтч/570 кг + ДГУ400 кг + топливо400 кг + вода600 кг рассчитан отдельно; потребная автономность не утверждена.

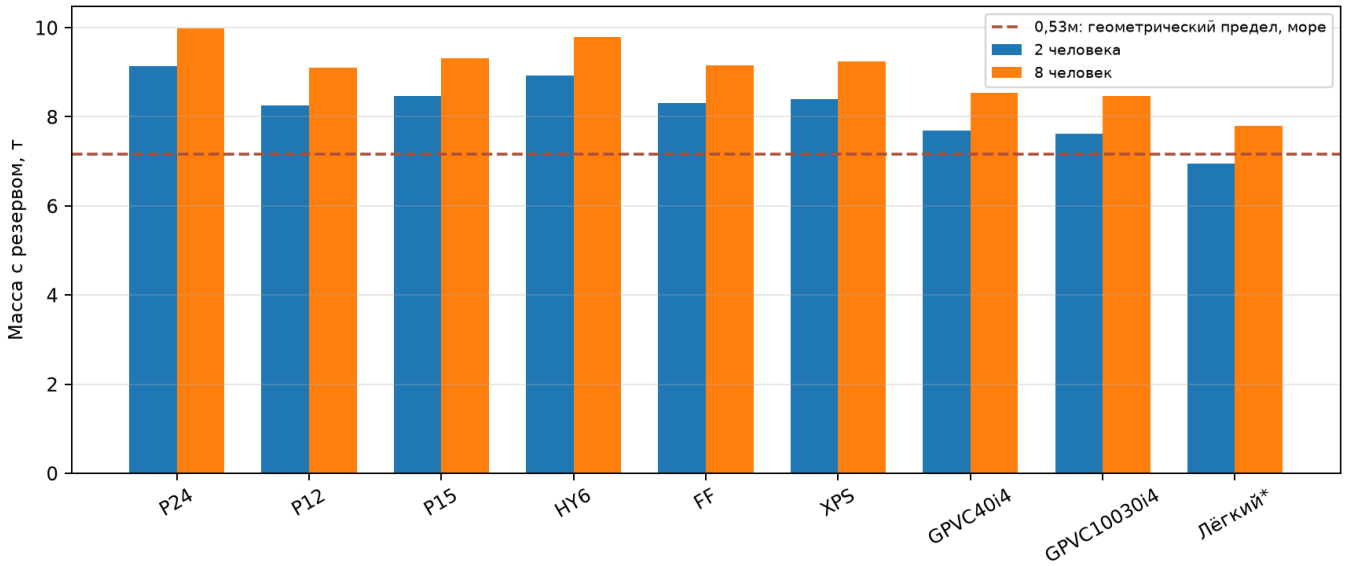
18 Полная масса сравниваемых вариантов

Обшивка	Конструкция, кг	Полная масса 2чел, т	Полная масса 8чел, т
P24	5534	9,13	9,98
P12	4769	8,25	9,10
P15	4960	8,47	9,32
HY6	5363	8,93	9,78
FF	4814	8,30	9,15
XPS	4891	8,39	9,24
GPVC40i4	4281	7,69	8,54
GPVC10030i4	4219	7,62	8,47



В таблице все верхние панели сохранены. Сечения набора в базовой ведомости - ещё не окончательно подобранные элементы; часть не проходит новый экран. Поэтому масса является бюджетом для сравнения, не массой подтверждённой прочной конструкции. Доведение до 160кПа и проверка узлов могут её увеличить.

19 Масса и допустимая осадка



Конфигурация	Масса, т	Осадка в море, м
Лёгкий условный вариант, 2 человека	6,949	0,5202
Он же, 8 человек	7,797	0,5599
Он же, внешняя АКБ80/ДГУ/запасы	9,127	0,6205

Даже лёгкий сценарий с двумя людьми имеет лишь 207 кг до вертикального геометрического предела моря и 32 кг в пресной воде. Этого недостаточно для утверждения максимальной местной осадки без расчёта равновесия и реальной весовой ведомости.

20 Предлагаемое направление облегчения

Изменение относительно G/H10030	Снижение сухой массы, кг
Верхние панели: H80 40 мм, T11×2 с каждой стороны	403,0
Переборки: H80 20 мм, T11×2 с каждой стороны	245,7
Внутренние панели ФСФ6→ФСФ4 как вариант	81,9
Переход с ФСФ-коробов на более прочные FRP-короба	Масса увеличивается на 149,2
Итог сухого изменения до резерва	581,5

Верхняя силовая система сохраняется целиком. Меняются материалы и технология панелей, а не высота или наличие крыши. Это кандидат для дальнейшей проработки: испытания обкладок, сдвиг ядра, опоры PV, проходы людей, оконные проёмы и склейка ещё должны подтвердить допустимость.

Один универсальный пакет для всего судна не предлагается. Возможны более плотные сердечники и дополнительные накладки в днище, носу, у буксирного узла, приводов и силовых переборок. Их масса должна вернуться в ведомость.

Наиболее разумный следующий шаг - проверить два полноценных варианта: стекло/PVC с лёгкими верхними панелями и локальными усилениями; доступный в РФ фанерно-деревянный вариант с пересмотром всей ведомости. Сосновый3×8 остаётся контрольным сравнением, а не автоматически выбранным корпусом.

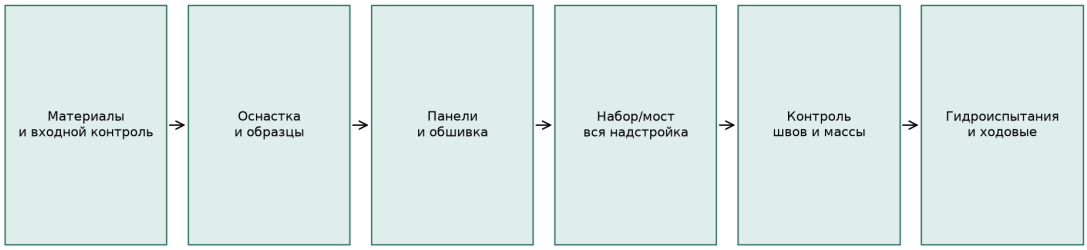
21 Проверка доступности материалов в РФ

Материал / канал	Что подтверждено 18.10.2026	Что нужно до закупки
Берёзовая ФСФ, SVEZA	Официальный ассортимент 2,7-40 мм, форматы/сорта; прямой сайт местами недоступен	Партия4/6,5 мм, влажность, сорт и испытания; наличие согласовать
T11 ГВС9, NZSV	Карточка РФ: 385г/м², аппрет, ширина / рулоны	Паспорт рулона и совместимость со смолой
Эпоксидные компоненты, Эпитал	Отдельные продукты Этал 200М и 1440Н в каталоге	Подобрать комплект, рецепт, Tg/постотверждение и мокрые свойства
Сосна камерной сушки, ZavodWood	Изготовление/сушка в каталоге РФ	Отбор ламелей, дефекты, влажность, испытания клея
PVC DivinycellH, ГК Композит	Предложение российского поставщика	Точная маркаH80/H100,30/40/50 мм, склад, срок и происхождение
SAN/Corecell	Данные материала есть в прежней базе	Надёжный текущий канал РФ/партия не подтверждены
XPS ПЕНОПЛЭКС/ТН	Официальные страницы ТРАК/SOLID	Пригодность силового ядра не подтверждена
PIR/EPS, ТН/КНАУФ	Строительные продукты в каталогах РФ	Сдвиг и клеевая совместимость для корпуса неизвестны
Вакуумные материалы, ГК Композит	Каталог плёнки, жгута и вспомогательных материалов	Спецификация, количество и текущий склад

Проверка каталога не равна подтверждённому наличию на складе. Запросы поставщикам не отправлялись, коммерческие предложения не получены. Старые цены на страницах не использованы как цены2026. Прямые URL и ошибки получения сохранены в material-sources.json.

22 Технология сосновой радиусной оболочки

Технологическая последовательность с измерениями на каждом этапе



1. Отбор и подготовка. Ламели одной влажности и проверенного качества; направление волокон и допустимые дефекты задать до раскроя. Исходный вариант8/8/8 мм сохраняется. Пробная укладка покажет минимальный радиус без трещин и требуемое усилие прижима.

2. Оснастка. Стапель и лекала контролируют симметрию и геометрию. Слой укладывается без натянутых зазоров; при невозможности изгиба8 мм нельзя молча уменьшать его до 4 мм. Нужны изменение схемы или отдельное согласование.

3. Послойная склейка. Грунтовка древесины, дозирование клея, заполнение шва, сплошной прижим мешком или оснасткой. Фиксировать расход, температуру и время. Положение стыков слоёв разнести, не оставляя непроклеенные пустоты.

4. Набор и оклейка. Продольный/поперечный набор вводится по расчёту; радиус не доказывает возможность его удаления. Наружная Т11 наносится по назначенным зонам, торцы и отверстия герметизируются.

Оценка. Материалы потенциально доступны в РФ, технология ремонтопригодна. Ограничения - масса, трудоёмкость, несимметричная работа слоёв, влага и качество швов. В текущих массовых сценариях этот путь не обеспечивает целевую загрузку автоматически.

23 Технология фанера пена сосна

1. Разделить плоские и криволинейные панели. Для плоских участков возможна склейка пакета на столе. Для радиусных - формование по месту или на форме с проверенным минимальным радиусом. Панель, склеенная плоской, не обязана безопасно скрутиться после отверждения.

2. Подготовить обкладки и сердечник. ФСФ4+4 мм ориентируется по отдельной схеме; собственные слои шпона не считаются монолитной древесиной. Поверхность ядра должна соответствовать смоле и клею. Фольга PIR и гладкая плёнка строительных плит не являются готовой клеевой поверхностью.

3. Контролировать клеевые границы. Нельзя засчитывать механическую связь через пену у концентрированных опор. Под переборки, кайт, приводы и тяжёлые крепления нужны рассчитанные вставки и распределение силы на обкладки.

4. Склеить и проверить. Контроль расхода клея, плотности контакта, пустот и деформации. До большой оболочки изготовить криволинейные образцы с реальными радиусами, стыками и влажностным циклом.

Оценка. Такой пакет может быть технологичным, но сочетает массу берёзовой фанеры с дополнительными клеевыми границами. Строительный XPS уменьшает стоимость ядра, однако не подтверждает сдвиговую и усталостную работоспособность корпуса.

Вакуум создаёт большую нагрузку на оснастку: при перепаде80кПа на 1 м² действует80 кН. Полный вакуум не назначается автоматически; проверяются смятие ядра, отпечаток ткани, жёсткость формы и технология смолы.

24 Технология стеклянного сэндвича

Плоские панели. На подготовленном столе формуют наружную обкладку, укладывают ядро и внутреннюю обкладку. После проверки степени отверждения панели раскраивают и соединяют с рассчитанными фасками, лентами, галтелью и местными вставками. Не засчитывать стык равнопрочным до испытаний.

Криволинейная оболочка. Варианты - набор сердечника по лекалам с последующей оклейкой или формование по матрице. Прорези и сетчатое ядро облегчают формование, но увеличивают расход смолы и массу; это отдельные входы ведомости.

Ручная пропитка и вакуумное уплотнение. Наиболее понятный путь для опытного образца: контролируемое смачивание Т11 и прижим. Доля смолы, остаточные пустоты и качество склейки измеряются по образцам.

Инфузия. Может улучшить повторяемость при отработанной оснастке, но требует подходящей вязкости, времени жизни, герметичности, стратегии подачи и удаления воздуха. Снижение массы за счёт меньшей смолы не принимается без изменения фактических механических свойств.

Полый набор. Короба формуются на съёмной/удаляемой оснастке, затем соединяются с обшивкой и рамами. Сохраняемый пенный формообразователь должен быть включён в массу. Для 4/6 слоёв Т11 нельзя подменять расчётную толщину сухой толщиной ткани.

Эпитал предлагает компоненты холодного отверждения, однако продукт с похожим названием может требовать нагрева. Рецепт, режим и постотверждение выбираются для конкретной системы; свойства одного отвердителя не являются свойствами готового корпуса.

25 Контроль изготовления и испытания

Этап	Измерение и критерий готовности
Каждая партия	Плотность/влажность дерева и ядра, масса ткани, аппрет, срок компонентов; паспорт и идентификация
Пробные панели	Точный пакет, расход и толщина; изгиб в 2 направлениях, сдвиг ядра, отрыв, удар, сухие/мокрые и температурные циклы
Клеевые узлы	Образцы с реальными вставками/галтелями; смятие, сдвиг, отрыв и усталость
Стапель и крупные панели	Симметрия, радиусы, диагонали, температура/влажность; контроль массы до закрытия полостей
Соединение моста и надстройки	Непрерывность полок, рам и накладок; фактические вырезы и путь сил
Готовый корпус	Взвешивание и положение ЦТ, танки, гидроиспытания; затем согласованная программа ходовых и нагрузочных испытаний

Расчётная прочность должна учитывать не только максимальные напряжения, но и потерю устойчивости обкладок/стенок, морщинистость сэндвича, усталость, температурное снижение свойств, воду, повреждения и последующий ремонт. Часть этих факторов пока отражена только пониженным сравнительным экраном.

Общие правила приёмки и испытаний применяются к выбранной конструкции. Этот перечень связан с отсутствующими расчётными входами, а не является утверждённой программой сертификации.

26 Решения для следующей итерации

Приоритет	Что надо решить	Почему
1	Выбрать 2 полных конструктивных кандидата	Иначе локальная экономия не замыкается в общую массу и прочность
2	Связная модель всех панелей/рам/стыков с реальными окнами	Условное EI не проверяет узлы и общую деформацию моста
3	Океанские комбинации и кайт	Косая волна, зарывание, запуск и рывок должны иметь конкретные входы
4	Шаг и конструкция рёбер	Прежние крупные пролёты и тонкий ФСФ-короб не проходят новый экран
5	Полная весовая/координатная ведомость для 2 / 8 людей	Нужно доказать максимальную местную осадку 0,53 м
6	Партии материалов и образцы	Только они превращают сценарные свойства в физические входы

До этих решений нельзя объявить корпус готовым к океану. Выполненный перерасчёт уже позволяет исключить необоснованные утверждения о запасе прочности, увидеть массовый дефицит и выбрать проверяемые направления облегчения.

Номинал 72 В и НРМ с понижающей передачей сохраняются. ДГУ, 80 кВтч, конкретные винты и передаточное отношение по-прежнему отдельные варианты. Новые корпуса для гидростатики и основная CAD не изменялись.

27 Источники и воспроизведение

Bureau Veritas NR500, October 2024: методическая основа нагрузок; выбранные разделы Pt B Ch 4 и Ch6. NR546, November 2022: композиты, фанера, панели, набор и испытания. Полного подтверждения соответствия этим правилам не заявлено.

SVEZA ФСФ · T11 ГВС9 · Этал 200М · Этал 1440Н · PVC в РФ · ПЕНОПЛЭКС · ТЕХНОНИКОЛЬ · Сосна · Вакуумные материалы. Проверка 18.10.2026; склад и цены не подтверждены. EPS КНАУФ · LOGICPIR · Дуб - дополнительные каталожные кандидаты.

В проекте	Содержание
calculations/ocean-structure-2026-10/	inputs.json, results.json, таблицы, изображения, нативный Ship и FEM
research/ocean-structure-2026-10/	Снимки правил, каталоги материалов, URL, даты и контрольные суммы
tools/concept/ocean_structure_calculate.py	Геометрия, нагрузки, сравнительные панели и масса
ocean_panel_model.py / ocean_section_model.py	ABD и условные сечения
ocean_stiffener_fem.py	Gmsh/CalculiX,3 сетки, реакции
ECONA_Ocean_Stiffener_Study.FCStd	Отдельный локальный FreeCAD FEM-образец; не новая общая модель

Основная сборкаSHA-256: 7ae0c6e91c30dc92f1f46d84660eb2e1f431d6f56efa7243a7c15a9a608791ef. Расчётные корпуса проверены отдельно. Все назначенные свойства и расходные коэффициенты сохранены с единицами и границами применимости. Старые 0,52 м и PDF v4.0 не переписаны.