

Содержание

Введение.....
Глава 1. Разработка математической модели корпуса судна.....
1.1 Цель разработки математической модели
1.2 Создание математической модели судна.....
Глава 2. Разработка технического предложения.....
2.1 Определение главных размерений.....
2.2 Основные технологические характеристики судна.....
Глава 3. Расчеты по теории корабля.....
3.1. Исходные данные о форме непроницаемого корпуса судна.....
3.2. Расчет и построение кривых элементов теоретического чертежа и масштаба Бонжана.....
3.2.1. Общие принципы построения диалога с подсистемой «Статика».....
3.2.2 Расчёт геометрических характеристик.
3.2.3. Расчёт масштаба Бонжана.....
3.2.4 Расчёт элементов теоретического чертежа.....
3.3. Расчет диаграмм остойчивости.
3.4 Требования Регистра к остойчивости.
3.4.1 Критерий погоды.
3.4.2 Требования к диаграмме статической остойчивости.....
Глава 4. Разработка конструкций корпуса судна и общей продольной прочности.....
4.1 Разработка конструкций корпуса судна.....
4.1.1 Основные положения по определению размеров связей.....
4.1.2 Общие описания конструкций корпуса судна.....
4.1.3 Учёт коррозионного износа.....

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

4.1.4	Материалы и определение минимальных толщин основных элементов конструкций корпуса.....
4.1.5	Выбор системы набора корпуса судна, распределение размера практических шпаций по длине корпуса, положение поперечных и продольных переборок в корпусе.....
4.1.6	Определение расчётных нагрузок, действующих на корпуса судна.....
4.1.7	Определение толщины обшивки днища, бортов, настилов палубы и второго дна.
4.1.8	Выбор распределения поперечного и продольного набора по днищу, бортам, палубам и по переборкам.....
4.1.9	Расчет поперечного и продольного набора по днищу.....
4.1.10	Расчет бортового набора
4.1.11	Расчет набора палубы
4.1.12	Расчет набора и обшивки поперечных и продольных переборок.....
4.1.13	Расчет книц.
4.1.14	Результаты расчетов
4.2	Расчет общей продольной прочности.....
4.2.1	Классификация внешних сил, действующих на корпус.....
4.2.2	Определение перерезывающих сил и изгибающих моментов.....
4.2.3	Определение напряжений.....
Глава 5. Расчет ходкости.....	
5.1	Расчет гребного винта, обеспечивающего судну заданную скорость. Выбор двигателя.
5.2	Расчет гребного винта, обеспечивающего судну максимально достижимую скорость.....
5.3	Расчет паспортной диаграммы судна.....

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Глава 6. Технология постройки
6.1 Подготовка производства к постройке судна
6.2 Организация постройки
6.3 Выбор метода формирования частей судна
6.4 Разбивка корпуса судна на секции
6.5 Расчет массы корпуса
6.6 Нормирование трудоемкости по массе конструкции
Глава 7. Безопасность и экологичность
7.1 Введение
7.2 Опасные и вредные экологические факторы
7.3 Защита от вредных и опасных экологических факторов
7.4 Обеспечение повышенной устойчивости
7.5 Заключение
Глава 8. Расчёт сметной стоимости строительства судна
8.1 Введение
8.2 Расчёт себестоимости сырья и материалов
8.3 Расчёт трудоёмкости работ
8.4 Расчёт стоимости строительства судна
8.5 Анализ затрат в структуре себестоимости
Заключение
Список использованной литературы

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВВЕДЕНИЕ

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Агаев Р.Т.			
Пров.	Пичугин Д.А.			
Руковод.	Пичугин Д.А.			
Н. Контр.	Чеченев А.В.			
Утврд.	Рубан А.Р.			

Введение

BKRB-26.03.02-0096-18

Лит. Лист Листов

АГТУ

ВВЕДЕНИЕ

Целью данной работы является проектирование нефтеналивного судна дедвейтом 50000 тонн. Так как в последнее время верфи России осваивают и планируют осваивать все новые месторождения нефти, находящиеся далеко от суши. Следовательно, возникает необходимость в транспортировке больших объемов нефти. Этого можно достичь несколькими путями: постройкой нескольких танкеров меньшего дедвейта или танкера большего дедвейта, например как в нашем случае дедвейтом 50000 тонн, что, вероятно, окажется более выгодным.

Так как невозможно охватить проектирование и технологию постройки в одной работе, в данной работе рассматриваются лишь вопросы проектирования, а также разработка математической модели и построение теоретического чертежа, расчет остойчивости и построение диаграмм статической и динамической остойчивости, проверка общей продольной прочности и расчет гребного винта, разработка конструкции средней части корпуса. Также рассмотрены вопросы, связанные экологичностью и безопасностью и определена стоимость постройки данного танкера.

Особенность работы заключается в несоразмерности данного типа судна с построочными местами и спусковыми устройствами судостроительных предприятий вьетнамского региона.

Стремительный рост тоннажа судов, наблюдающийся в мировом судостроении, вызвал определенный разрыв между существующими размерами стапелей и доков судостроительных верфей и размерениями современных крупнотоннажных судов.

В результате поисков новых путей, позволяющих строить на имеющихся построочных местах крупнотоннажные суда, значительно превышающие их максимальные возможности при обычных методах постройки, некоторые страны мира обратились к новым идеям в технологии судостроения, в частности постройки судов из частей, стыкуемых в доках или на плаву после их раздельного спуска на воду.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист

В ходе работы нам необходимо разработать следующие разделы расчетно-пояснительной записи:

1. Введение
2. Разработка математической модели.
3. Техническое предложение
4. Остойчивость и плавучесть
5. Конструкции и прочность
6. Ходкость
7. Технология постройки
8. Экологичность и безопасность проекта
9. Расчет сметной стоимости строительства судна.
10. Заключение.

Также нужно разработать графическую часть, включающую следующие чертежи и схемы:

1. Теоретический чертеж.
2. Конструктивный чертеж
3. Общее расположение
4. Сборочный чертеж
5. Генеральный график

Цель выпускной бакалаврской работы – выявить на конкретном примере особенности проектирования и конструкции нефтеналивных судов указанного типа. Очевидно, что вопросы, связанны с разработкой проектов судов таких размеров, не тривиальные.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Бзм. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист

Глава 1. Разработка математической модели корпуса судна

1.1 Цель разработки математической модели

1.2 Создание математической модели судна

 1.2.1 Генерация теоретические координаты судна

 1.2.2 Основы работы в системе «SeaSolution v6»

 1.2.3 Разбивка сеток теоретического чертежа и практического корпуса судна.

 1.2.4 Создание каркаса и наружной поверхности корпуса.

 1.2.5 Описание возможностей системы «SeaSolution v6», упрощающих работу с математической моделью

 1.2.6 Разбивка пазов и стыков листов наружной обшивки.

 1.2.7 Расстановка элементов набора корпуса.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	БКРБ-26.03.02-0096-18		
Разраб.	Агаев Р.Т.				Лит.	Лист	Листов
Пров.	Пичугин Д.А.						
Руковод.	Пичугин Д.А.						
Н. Контр.	Чеченев А.В.						
Утврд.	Рубан А.Р.						
<i>Разработка математической модели корпуса судна</i>					<i>АГТУ</i>		

1.1 Цель разработки математической модели

Целью разработки математической модели корпуса является создание полноценной математической модели морского судна с погибью бимсов и седловатой палубой, пригодной в дальнейшем для выполнения компьютерных расчетов по статике корабля с помощью подпрограммы «Статика». Условием проведения таких расчетов является отсутствие внутри водонепроницаемой части корпуса поверхностей, поэтому второе дно, внутренние палубы и платформы, поперечные и продольные переборки, флоры и стрингеры наноситься на мат. модель не будут. Для разработки используется либо пакет прикладных программ версии не ниже 4.25, либо пакет прикладных программ SeaSolution (последовательная программа), установленной на компьютере. В нашем случае используется программа SeaSolution V6-Trial, более новейшая версия. В итоге должна быть разбита сетка теоретического чертежа, создан каркас и поверхности корпуса судна, откорректированы и сглажены линии и поверхности корпуса судна.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

1.2 Создание математической модели судна

1.2.1 Генерация теоретические координаты судна

С помощью программы генерации (CopyRight кафедра проектирования судов МТУ), вводим главные размерения, коэффициент общей полноты и др., после генерации получаем таблицы теоретических координат.

1.2.2 Основы работы в системе SeaSolution v6.

Пусковыми файлами системы являются для версии 4.25, Apdemo для версии Sea Solution v1 и SeaSol6.exe для SeaSolution v6 Trial.

Центральную часть экрана монитора после вызова системы SeaSolution v6 занимает рабочее окно редактора, окрашенное серым фоном. В нём осуществляется вывод изображения и формирование математической модели (ввод и редактирование линий, поверхностей и т.д.).

Системное меню представляет собой несколько рядов кнопок - вверху экрана меню проектных команд и меню сервисных команд (их можно перемещать для того, чтобы рабочее окно было больше). В большинстве пунктов меню содержится подменю, пункты которого являются выполняемыми командами.

В строке меню содержит команды формирования математической модели проекта (ввод, редактирование, удаление элементов), команды обмена данными (экспорт в DXF-файлы, используемые в широко распространённой системе ACAD и другие форматы; импорт из DXF-файлов и файлов иных форматов). также команды управления выводом на экран (текущий вид, текущее окно), управления видимостью элементов, объектной привязки и некоторые другие.

В центре экрана, занимая его основную площадь, расположено рабочее окно графического редактора, в поле которого и производятся все построения и работа с проектом.

Непосредственно под ним предусмотрена строка подсказки и окно сообщения подсказки. При наведении маркера на тот или иной пункт меню

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

здесь может приводиться краткое описание выполняемых функций. В эту строку также возможен вывод сообщения о текущем блоке. Кроме того, в строку сообщений выводится большинство сообщений системы.

Ниже находятся: слева - строка ввода и редактирования (координат), и справа - окно координат текущего положения маркера. Кроме того, в левой нижней части меню сервисных процедур предусмотрена индикация текущего блока проекта.

Перемещение мыши или нажатие кнопок клавиатуры отражаются на экране перемещением указателя мыши - маркера. Форма маркера зависит от того, в какой зоне экрана он находится.

1.2.3 Развивка сеток теоретического чертежа и практического корпуса судна

Инструментом, позволяющим создавать и изменять сетку теоретического чертежа, является команда File/Grid (Файл/Сетка)

По умолчанию SeaSolution v6 создаёт сетку размерами $L * B * H = 100 * 50 * 50$ м. Ось X направлена слева направо, сетка разбита на десять шпангоутов, пять ватерлиний и пять батоксов.

Особенностью пакета SeaSolution v6 является то, что в основном режиме работы View/Window/Default (Показать/Окно/По умолчанию) линии и поверхности корпуса (шпангоуты, ватерлинии, батоксы, пазы и стыки наружной обшивки, баковая и ютовая надстройки, контуры выступающих частей – кронштейнов, стабилизаторов, привальных брусьев и т.п.) видны на экране только в случае, если они находятся внутри сетки. Поэтому габариты сетки должны охватывать крайние носовые точки бульба или форштевня, крайнюю точку кормы, верхние точки палубы, бака и юта, нижние точки ахтерштевня и т.п.

SeaSolution v6 делает возможным задание нескольких дополнительных районов, которые используются при построении каркасных линий матмодели.

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подл. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Теоретическая сетка проектируемого судна состоит из следующих районов:

по длине:

- от крайней носовой точки (форштевня) до носового перпендикуляра [-4,5, 0, 2,1]
 - от носового до кормового перпендикуляра с разбивкой на 20 шпаций [0, 235, 11,75]
 - от кормового перпендикуляра до крайней кормовой точки [-241, 0, 19];
- по ширине:
- назначается один район [0, 16,5, 0] Число батоксов согласно прототипа- 3.

Теоретический чертёж служит для выполнения расчётов плавучести и остойчивости на этапе эскизного проектирования. Для проработок конструкции корпуса судна выполняют новую разбивку сетки по длине с учётом реальных шпаций, то есть разбивают так называемый практический корпус судна.

Эта работа выполняется тогда, когда матмодель корпуса уже создана, то есть существуют поверхности палубы, бортов и днища. Задача заключается в назначении новой сетки на проекции Бок; при этом сетка на остальных проекциях преобразуется в одношаговую с введением новых дополнительных сечений.

1.2.4 Создание каркаса и наружной поверхности корпуса.

После создания сетки теоретического чертежа вводят каркасные линии, привязывая их к узлам или линиям сетки. Каркасными линиями, по которым в дальнейшем будут натянуты поверхности, являются: линии верхней палубы в ДП и по борту, линия по днищу и оконечностям и линия мидель-шпангоута. Обычно при создании мат-модели судна эти линии вводятся, используя таблицы плазовых ординат (таблица теоретических ординат - получаемая из генерации).

На следующем этапе на каркас “натягивают” криволинейные и плоские поверхности: поверхность носовой части корпуса (от миделя до форштевня),

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подл. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

поверхность кормовой части корпуса (от транца до переборки ахтерштевня), которая оказалась из-за своих сложных обводов трудно поддающейся корректировке; поверхность центральной части корпуса (от миделя до переборки ахтерштевня) и поверхность верхней палубы. Эти четыре поверхности, откорректированные с помощью аппроксимационных точек, координаты которых также были сняты с таблицы генерации, стали основой для расчётов по статике корабля. При корректировке форма обводов контролируется по сечениям - шпангоутам, батоксам, ватерлиниям или другим сечениям, произвольно расположенным в пространстве. Необходимость в согласовании обводов не возникает, так как компьютер проектирует цельную поверхность корпуса, а не отдельные сечения, как при ручном (графическом) выполнении теоретического чертежа.

1.2.5 Описание возможностей системы SeaSolution v6, упрощающих работу с мат. моделью.

При создании и корректировке мат-модели корпуса судна широко использовались возможности системы SeaSolution v6, значительно облегчающие и упрощающие создание и коррекцию элементов математической модели. Далее приведено описание некоторых из них, наиболее часто употребляемых.

Объектная привязка (Osnap)

Команда верхнего меню Osnar позволяет привязать (навесить, прицепить) к существующим точке, линии или поверхности вновь вводимые элементы. Тем самым между существовавшими и вводимыми элементами устанавливается геометрическая или топологическая связь.

Геометрическая привязка позволяет точно вводить такие точки, как точка, геометрически лежащая на линии, точка пересечения линии и линии сетки и т.д. Топологическая связь введенной точки с объектом привязки при этом не

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

устанавливается, то есть последующие изменения объекта привязки не вызывают изменения точки.

Топологическая привязка, в дополнение к функциям геометрической привязки, позволяет установить топологическую связь введенной точки с объектом привязки. Без топологической привязки невозможно образование новых поверхностей, вырезов и т.п. топологическая связь между ними не будет установлена, пока не воспользовалось командой привязки Osnap/Point.

Топологическая привязка используется только для каркасных точек при вводе линий и при коррекции каркасных точек. Геометрическая привязка используется гораздо шире, практически в любой операции с вводом точки (коррекция бантиков линии и поверхности, ввод и коррекция точки привязки блока и т.д.).

1.2.6 Разбивка пазов и стыков листов наружной обшивки.

Имея математическую модель поверхности судна, можно создать растяжку наружной обшивки, проведя трассировку пазов и стыков. Проводимые линии пазов и стыков должны отвечать технологическим требованиям, приведённым в разделе «Принципиальная технология». С точки зрения проектанта в системе SeaSolution v6 эти линии должны быть проведены по существующим поверхностям борта, днища и т. д. Линии, образующие лист, должны быть замкнуты, т. е. составлять замкнутый контур.

После проведения всех необходимых пазов и стыков, используется развёртки листов, НО, с помощью которой можно визуально оценить формы развёрнутого листа и определить его действительные размеры и массу. На основе этой программы в разделе «Принципиальная технология» будет рассчитана «чистая» масса корпуса судна.

В настоящей версии пакета SeaSolution, развёртки листов, НО безупречно работает с плоскими листами, хорошо разворачивает цилиндрические,

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подл. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

конические и листы со слабой погибью, но даёт большие ошибки при значительной двойкой кривизне листов. Объясняется это тем, что она разделяет лист на несколько четырёхугольников и разворачивает каждый, последовательно присоединяя их один к другому. Нарастанию погрешности способствует то, что развёртка осуществляется не от середины листа к концам, как принято в судостроении, а на проход - от одного края к другому. Процесс разбивки можно наблюдать на экране, следя за перемещением белой пунктирной линии по листу.

1.2.7 Расстановка элементов набора корпуса.

На последней стадии работы с мат. моделью производится расстановка элементов продольного и поперечного набора и прорисовка элементов второго дна. При этом используется тот же инструмент, что и при создании каркасных линий, натягивании поверхностей, а также работа с блоками. Отличительной особенностью данной стадии является использование двух новых инструментов системы SeaSolution: команды копирования блоков и работы с драйверами профилей.

Прорисовка элементов второго дна (флоров, вырезов и стрингеров) производится линиями, привязанными к существующим поверхностям наружной обшивки, второго дна и переборок. линии образовывают замкнутый контур и по ним натягиваются поверхности. Вырезы в флорах создаются с помощью команды Surf/Cut/ Созданный флор с натянутой на него поверхностью с помощью команды CopyMov копируется на соседний шпангоут, что позволяет значительно сократить трудоёмкость этого вида работы в системе SeaSolution. Для осуществления данного преобразования необходимо лишь, чтобы копируемые блоки располагались в пределах одной поверхности наружной обшивки.

Расстановка набора по борту, палубам, переборкам осуществляется с использованием драйвера профилей. Предварительно создаётся библиотека необходимых профилей в виде отдельного файла. ssl, которая содержит

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подл. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

образующую устанавливаемого профиля. Каждый типоразмер профилей размещён в отдельном блоке. В системе SeaSolution реализованы два способа установки профилей:

- по нормали к поверхности (направляющая линия должна быть типологически связана с этой поверхностью);
- параллельно плоскости - при этом определённый вектор, связанный с образующей профиля (по умолчанию локальная ось Y), всегда остаётся параллелен одной плоскости.

Таким образом, благодаря созданию данной математической модели, мы можем рассмотреть любой фрагмент (блок, секцию или отдельный элемент корпуса судна) с любых ракурсов и распечатать необходимый графический материал в любом формате (A3, A4 - на принтере, либо большего формата на плоттере). Для этого необходимо лишь установить необходимое изображение корпуса или его части на экране монитора и экспортовать файл в формате .dxf в одну из графических систем (CorelDRAW, AutoCad или другие имеющиеся), что и было произведено.

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Глава 2. Разработка технического предложения

2.1 Определение главных размерений

2.1.1 Общая часть

2.1.2 Характеристики судна-прототипа

2.2 Основные технологические характеристики судна

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата

Разраб.	Агаев Р.Т.	
Пров.	Пичугин Д.А.	
Руковод.	Пичугин Д.А.	
Н. Контр.	Чеченев А.В.	
Утврд.	Рубан А.Р.	

BKRB-26.03.02-0096-18

*Разработка
технического
предложения*

Лит.	Лист	Листов

АГТУ

2.1 Определение главных размерений

2.1.1 Общая часть

Специфическая особенность проектирования судов состоит в том, что число уравнений, связывающих искомые неизвестные величины с мореходными и эксплуатационно-экономическими качествами судов, меньше числа неизвестных, так как многие характеристики судна невозможно выразить аналитически и их определяют по данным судов-прототипов. Следовательно, элементы судна не определяются однозначно и их выбирают из нескольких вариантов решения. Оценку и выбор оптимального решения производят путем сравнения и анализа результатов проверочных расчетов, графических проработок и модельных испытаний, выполняемых в некоторой логической последовательности, по нескольким этапам или приближениям.

Такой способ определения элементов судна называют методом последовательных приближений. Сущность его состоит в том, что на первом этапе с помощью главнейших (доминирующих) характеристик, взятых из числа построенных или спроектированных судов-прототипов, определяют соответствующие характеристики проектируемого судна. По ним находят водоизмещение, мощность, главные размерения и коэффициенты полноты корпуса проектируемого судна. Затем на последующих этапах, проверяя навигационные и эксплуатационно-экономические качества судна, уточняют полученные значения элементов корпуса и рассчитывают недостающие характеристики корпуса и оборудования судна.

Главные размерения были определены через коэффициент утилизации водоизмещения по дедвейту.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

2.1.2 Характеристики судна–прототипа

В качестве судна прототипа принимаем проект 12990, танкер для перевозки сырой нефти с дедвейтом 65000 т., построили на ССЗ «Залив» - г.Керчь, Украина.

Основные характеристики:

Класс судна по правилам Морского Регистра Судоходства РФ: КМ ⚓ 31 А2

Мощность силовой установки 12356 л.с.

Грузоподъемность 63930 т

Водоизмещение $D_{\text{гр}} = 84480$ т

$D_{\text{пор}} = 16500$ т

Главные размерения:

$L = 228$ м

$B = 32,2$ м

$H = 18$ м

$T_{\text{гр}} = 13,6$ м

Относительные главные размерения:

$L/B = 7,08$

$B/T_{\text{гр}} = 2,37$

$L/H = 12,67$

$L/T_{\text{гр}} = 16,76$

Кубический модуль $LBH = 132148,8 \text{ м}^3$

Коэффициенты полноты $\alpha = 0,934$

$\beta = 0,992$

$\delta = 0,82$

Движители: тип, число и диаметр: гребной винт: тип ВФШ, $D = 6,5$ м

Скорость хода судна $V = 15,8$ уз.

Относительная длина $\frac{L}{\sqrt[3]{D}} = 5,6$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

$$\text{Число Фруда } Fr = \frac{V \cdot 0,514}{\sqrt{gL}} = 0.17$$

Составляющие массовой нагрузки, т:

- металлический корпус $P_{MK} = 1049$
- оборудование $P_{OB} = 211$
- механизмы $P_{EY} = 118$
- снабжение $P_{CH} = 5$
- запас водоизмещения $P_{ZB} = 14$

Дальность плавания 16000 Мили.

Экипаж 36 чел.

Так как не удалось найти подходящего прототипа, возможность пересчета главных размерений была исключена. Главные размерения были определены через коэффициент утилизации водоизмещения по дедвейту. Из проанализированных данных для данного проекта был выбран коэффициент утилизации водоизмещения по дедвейту $\eta_{DW} = DW / D = 65000 / 84480 = 0,77$. Это дало возможность определить весовое водоизмещение судна:

$$D = DW / \eta_{DW},$$

где $DW = 50000$ т

$$D = 50000 / 0,77 = 77922 \text{ т}$$

$$\text{Имеем } D = \gamma \cdot \delta \cdot L \cdot B \cdot T \quad (1.1.1)$$

$$\Leftrightarrow D = \gamma \cdot \delta \cdot L \cdot (k_{LB} \cdot L) \cdot (k_{LT} \cdot L) \quad (1.1.2)$$

где, k_{LB} и k_{LT} соответственно отношение L/B и L/T , принимается из судна прототипа.

Поскольку порт «Зунг Куат» имеет ограниченную глубину, позволяет прибывающее судно с осадкой не должно превышать 13,5 м.

Для судна с ограниченным районом плавания, по требованию Регистра отношение L/H не должно превышать 18, а отношение B/H 2,5. (**см.табл.1.1.1.1 – Регистр РФ**). Так как из (1.1.1) и (1.1.2) вычисляем и принимаем:

$$L_{max} = 250 \text{ м} - \text{длина максимальная};$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

$L_{pp}=235$ м – длина между перпендикулярами;

$B=33$ м - ширина;

$d = T=13, 3$ м – осадка;

$H = 17,2$ - Высота борта на миделе, м

$\delta = 0,74$ – коэффициент общей полноты - принимаем;

$D_{gp} = 77922$ т – весовое водоизмещение в грузу.

$v = 14,2$ - Скорость, уз

тогда $L/H = 235/17,2 = 13,66 < 18$

$B/H = 33/17,2 = 1,92 < 2,5$

Проверяем водоизмещение по формуле (1.1.1):

$$D = \gamma \cdot \delta \cdot L \cdot B \cdot T = 1,025 \cdot 0,74 \cdot 235 \cdot 33 \cdot 13,3 = 78232,8$$

Водоизмещение, рассчитанное, не должно отличаться от водоизмещения, заданное более, чем на 0.5%.

$$\text{Относительная погрешность: } \frac{\Delta D}{D} \cdot 100\% = \frac{78232,8 - 77922}{77922} \cdot 100\% = 0,40\%$$

Проверяем скорость и коэффициент полноты по формуле Александера:

$$\delta = 1,08 - 1,68 \cdot Fr \quad (1.1.3)$$

где, Fr – число Фруда

$$\text{Имеем: } Fr = \frac{0,514 \cdot v}{\sqrt{g \cdot L_{nn}}} = \frac{0,514 \cdot 15,8}{\sqrt{9,81 \cdot 235}} = 0,169 \quad [1.\text{стр.}242]$$

$$\text{По формуле (1.1.3) } Fr = \frac{1,08 - \delta}{1,68} = \frac{1,08 - 0,74}{1,68} = 0,20$$

Определяем коэффициенты полноты:

Так как принят коэффициент общей полноты $\delta = 0,74$ с судна прототипа.

Коэффициент полноты мидель-шпангоута можно определить по формуле:

$$\beta = 1,015 \cdot \delta^{1/9} \quad [2.\text{стр.}8]$$

$$\beta = 1,015 \cdot 0,74^{1/9} = 0,981$$

тогда получаем значение продольного коэффициента полноты:

$$\varphi = \delta / \beta = 0,74 / 0,981 = 0,75$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Коэффициент полноты ватерлинии α можно рассчитать по формуле Лиделя [2.стр.12]: $\alpha = (0,985 + 0,075) \cdot \phi^{2/3}$

$$\alpha = (0,985 + 0,075) \cdot 0,75^{2/3} = 0,875$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

2.2 Основные технологические характеристики судна.

Назначение судна - перевозка сырой нефти и нефтепродуктов от морских нефтяных месторождений. По архитектурно-конструктивному типу судно представляет собой стальной однопалубный двухвинтовой теплоход с кормовым расположением машинного и насосного отделений, пятиярусной жилой надстройкой, расположенной над машинным отделением и коротким баком. В соответствии с требованиями по экологичности и безопасности перевозки нефти и нефтепродуктов в конструкцию танкера входят двойное дно и двойные борта, цистерны которых не предназначены для приема груза. Материал корпуса – сталь Российского Морского Регистра судоходства.

Судна проектируется на класс КМ А1 нефтеналивное.

Основные характеристики судна.

Главные размерения:

Длина наибольшая, м 250

Длина между перпендикулярами, м 235

Ширина на миделе, м 33

Высота борта на миделе, м 17,2

Осадка по КВЛ, м 13,3

Водоизмещение при осадке по КВЛ,т 87500

Скорость, уз 14,2

Численность экипажа, чел 32

Коэффициент общей полноты 0,755

Коэффициент полноты мидель-шпангоута 0,74

Коэффициент полноты конструктивной ватерлинии 0,875

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Толщина обшивки в средней части судна (мм):

Днища 16

Горизонтального киля 18

Настила верхней палубы 12

Настила второго дна 12

Наружного борта 14

Внутреннего борта 10

Вертикального киля 21

Днищевых стрингеров 14

Флоров сплошных непроницаемых 14

Поперечных переборок 20

Продольной переборки 12

Диафрагм 11

Платформ 11

Размеры набора:

продольные ребра жесткости по днищу ʃ 22a

продольные ребра жесткости по второму дну ʃ 20b

продольные ребра жесткости по верхней палубе ʃ 14a

рамные бимсы 56a

продольные ребра жесткости по бортам ʃ 18a

Толщина обшивки в пиках судна (мм):

Днища 14

Горизонтального киля 18

Настила верхней палубы 14

Наружного борта 14

Вертикального киля 18

Днищевых стрингеров 15

Флоров сплошных 15

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Отбойных переборок 9

Платформ 12

Размеры набора:

поперечные ребра жесткости по палубе ʃ 14a

поперечные ребра жесткости по платформам ʃ 16a

карлингсы платформ 28b

карлингсы верхней палубы 28a

рамные бимсы 28a

бортовые стрингеры - сварные тавры с размерами стенки 102*0,9

полки 22*1,2

рамные шпангоуты - сварные тавры с размерами стенки 90*1,8

полки 25*2

холостые шпангоуты ʃ 22a

рамные стойки переборок ʃ 22b

холостые стойки переборок 50a

В качестве материала основного корпуса, фундаментов и подкреплений принимается низколегированная сталь 09Г2 с пределом текучести

$\sigma_t = 300$ МПа. Корпус выполняется полностью сварным.

Поперечная шпация в пиках – 600 мм, в остальных частях судна-1000мм.

Продольная шпация по всему судну – 800 мм.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Глава 3. Расчеты по теории корабля

- 3.1. Исходные данные о форме непроницаемого корпуса судна.
- 3.2. Расчет и построение кривых элементов теоретического чертежа и масштаба Бонжана.
 - 3.2.1 Расчёт элементов теоретического чертежа.
- 3.3. Расчет диаграмм остойчивости.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Агаев Р.Т.			
Пров.	Саламех А.Х.			
Руковод.	Пичугин Д.А.			
Н. Контр.	Чеченев А.В.			
Утв.ерд.	Рубан А.Р.			

*Расчеты по теории
корабля*

Лит.	Лист	Листов

BKRB-26.03.02-0096-18

АГТУ

3.1. Исходные данные о форме непроницаемого корпуса судна.

Главные размерения:

- длина корпуса по КВЛ $L=235$ м
- ширина по КВЛ $B=33$ м
- осадка в грузу $T=13,3$ м
- осадка порожнем $T_{\text{пор.}}=3,17$ м
- высота борта $H=17,2$ м
- водоизмещение в грузу ($T = 13,3$ м.) $D_{\text{гр}}=67922$ т
- водоизмещение порожнем ($T = 2,61$ м.) $D_{\text{пор}}= 17922$ т

По программе: «Определение элементов грузового судна» и с судна прототипа, определим необходимые характеристики проектируемого судна.

Исходные данные:

Грузоподъёмность судна, т..... 50000

Скорость хода, уз..... 14,2

Численность экипажа..... 32

Отношение L/B 7,12

Отношение B/T 2,48

Отношение H/T 1,29

Коэффициент полноты водоизмещения..... 0,74

Коэффициент полноты КВЛ..... 0,875

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Таблица 3.1.Данные по нагрузке масс:

№	Наименование раздела	Масса, т
01	Корпус	13567
02	Устройства судовые	570
03	Системы	1000
04	Установка энергетическая	1270
05	Электроэнергетическая система	442
07	Вооружение	18
09	Запасные части	70,2
11	Запас водоизмещения	663,8
12	Постоянные жидкие грузы	280,2
13	Снабжение, имущество	40,8
Водоизмещение порожнем		17922
14	Экипаж, провизия, вода	320
15	Груз перевозимый	55660
16	Запасы топлива, масла, воды	4020
Дедвейт		50000
Водоизмещение в грузу		67922

«Предварительная оценка остойчивости»

Относительная метацентрическая высота, м:

- Проектируемое судно..... 0,10
- Рекомендуемые значения..... 0,07-0,12

Расчёты по статике корабля обеспечиваются программой «Статика», которая является подсистемой программы и «Seasolution v6»

Для начала работы с подсистемой «Статика» необходимо в программе «Seasolution v6» создать выходной (экспортируемый) файл с расширением .stc , задав новую сетку по районам и указав позицию центра. Шаг задания сетки определяет количество результирующих сечений, используемых подсистемой «Статика».

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подл. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

3.2. Расчет и построение кривых элементов теоретического чертежа и масштаба Бонжана.

МАСШТАБ БОНЖАНА

Проект: танкер

Удельный вес воды 1.025 т/м³

| Шпангоут 0: абсцисса 0.00, шпация 11.750 |

Осадка, м	F, м ²	Объём, м ³	Масса, т	X, м	Y, м	Z, м
1.000	0.22	2.59	2.59	4.80	0.00	0.83
2.000	1.94	22.83	22.83	3.98	0.00	1.49
3.000	4.94	58.08	58.08	3.65	0.00	2.12
4.000	8.69	102.14	102.14	3.50	0.00	2.72
5.000	12.86	151.08	151.08	3.42	0.00	3.30
6.000	17.18	201.84	201.84	3.38	0.00	3.85
7.000	21.54	253.11	253.11	3.35	0.00	4.39
8.000	25.88	304.06	304.06	3.33	0.00	4.91
9.000	30.09	353.54	353.54	3.31	0.00	5.41
10.000	33.76	396.65	396.65	3.30	0.00	5.85
11.000	35.01	411.40	411.40	3.31	0.00	6.02
12.000	36.16	424.85	424.85	3.35	0.00	6.19
13.000	37.79	444.05	444.05	3.38	0.00	6.46
13.300	38.39	451.11	451.11	3.39	0.00	6.57

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

| Шпангоут 1: абсцисса 11.75, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	7.04	82.76	82.76	13.27	0.00	0.59
2.000	18.87	221.67	221.67	12.84	0.00	1.17
3.000	32.74	384.75	384.75	12.67	0.00	1.74
4.000	47.74	560.98	560.98	12.56	0.00	2.29
5.000	63.36	744.49	744.49	12.50	0.00	2.84
6.000	79.34	932.19	932.19	12.47	0.00	3.37
7.000	95.51	1122.28	1122.28	12.44	0.00	3.90
8.000	111.69	1312.40	1312.40	12.42	0.00	4.42
9.000	127.13	1493.72	1493.72	12.41	0.00	4.92
10.000	140.31	1648.69	1648.69	12.41	0.00	5.35
11.000	152.75	1794.78	1794.78	12.45	0.00	5.77
12.000	165.99	1950.34	1950.34	12.47	0.00	6.23
13.000	180.14	2116.65	2116.65	12.49	0.00	6.72
13.300	184.56	2168.56	2168.56	12.49	0.00	6.87

| Шпангоут 2: абсцисса 23.50, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	17.39	204.31	204.31	24.04	0.00	0.53
2.000	38.43	451.60	451.60	23.94	0.00	1.07
3.000	60.82	714.69	714.69	23.90	0.00	1.59
4.000	83.98	986.73	986.73	23.87	0.00	2.12
5.000	107.68	1265.29	1265.29	23.85	0.00	2.64
6.000	131.80	1548.70	1548.70	23.84	0.00	3.17
7.000	156.19	1835.19	1835.19	23.83	0.00	3.69
8.000	180.57	2121.65	2121.65	23.82	0.00	4.20
9.000	204.56	2403.56	2403.56	23.83	0.00	4.71
10.000	228.55	2685.47	2685.47	23.84	0.00	5.21
11.000	252.98	2972.57	2972.57	23.84	0.00	5.72
12.000	278.03	3266.83	3266.83	23.84	0.00	6.24
13.000	303.65	3567.83	3567.83	23.84	0.00	6.77
13.300	311.44	3659.37	3659.37	23.84	0.00	6.93

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	БКРБ-26.03.02-0096-18	

Лист

| Шпангоут 3: абсцисса 35.25, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	25.17	295.76	295.76	35.48	0.00	0.51
2.000	52.20	613.38	613.38	35.44	0.00	1.02
3.000	80.04	940.51	940.51	35.42	0.00	1.54
4.000	108.46	1274.43	1274.43	35.40	0.00	2.05
5.000	137.37	1614.06	1614.06	35.39	0.00	2.57
6.000	166.71	1958.79	1958.79	35.39	0.00	3.08
7.000	196.42	2307.98	2307.98	35.38	0.00	3.60
8.000	226.46	2660.96	2660.96	35.38	0.00	4.12
9.000	256.77	3017.09	3017.09	35.38	0.00	4.64
10.000	287.35	3376.39	3376.39	35.38	0.00	5.15
11.000	318.20	3738.80	3738.80	35.37	0.00	5.67
12.000	349.28	4104.07	4104.07	35.37	0.00	6.19
13.000	380.58	4471.80	4471.80	35.37	0.00	6.71
13.300	390.00	4582.56	4582.56	35.37	0.00	6.87

| Шпангоут 4: абсцисса 47.00, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	29.36	344.96	344.96	47.10	0.00	0.50
2.000	59.49	699.04	699.04	47.09	0.00	1.01
3.000	90.08	1058.49	1058.49	47.09	0.00	1.52
4.000	121.07	1422.63	1422.63	47.08	0.00	2.02
5.000	152.43	1791.06	1791.06	47.08	0.00	2.53
6.000	184.10	2163.21	2163.21	47.07	0.00	3.04
7.000	216.04	2538.43	2538.43	47.07	0.00	3.55
8.000	248.18	2916.13	2916.13	47.07	0.00	4.07
9.000	280.50	3295.93	3295.93	47.06	0.00	4.58
10.000	312.98	3677.55	3677.55	47.06	0.00	5.09
11.000	345.59	4060.65	4060.65	47.06	0.00	5.60
12.000	378.30	4444.97	4444.97	47.05	0.00	6.11
13.000	411.09	4830.29	4830.29	47.05	0.00	6.62
13.300	420.94	4946.05	4946.05	47.05	0.00	6.77

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист

ВКРБ-26.03.02-0096-18

| Шпангоут 5: абсцисса 58.75, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	31.47	369.73	369.73	58.79	0.00	0.50
2.000	63.48	745.90	745.90	58.79	0.00	1.01
3.000	95.81	1125.73	1125.73	58.79	0.00	1.51
4.000	128.36	1508.20	1508.20	58.78	0.00	2.02
5.000	161.07	1892.54	1892.54	58.78	0.00	2.52
6.000	193.89	2278.18	2278.18	58.78	0.00	3.02
7.000	226.78	2664.68	2664.68	58.78	0.00	3.53
8.000	259.72	3051.70	3051.70	58.77	0.00	4.03
9.000	292.69	3439.05	3439.05	58.77	0.00	4.54
10.000	325.67	3826.60	3826.60	58.77	0.00	5.04
11.000	358.66	4214.27	4214.27	58.77	0.00	5.54
12.000	391.66	4602.01	4602.01	58.77	0.00	6.04
13.000	424.66	4989.76	4989.76	58.76	0.00	6.54
13.300	434.56	5106.09	5106.09	58.76	0.00	6.69

| Шпангоут 6: абсцисса 70.50, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	32.30	379.52	379.52	70.51	0.00	0.50
2.000	65.12	765.20	765.20	70.51	0.00	1.01
3.000	98.09	1152.51	1152.51	70.51	0.00	1.51
4.000	131.08	1540.16	1540.16	70.51	0.00	2.01
5.000	164.08	1927.90	1927.90	70.51	0.00	2.51
6.000	197.08	2315.65	2315.65	70.50	0.00	3.01
7.000	230.08	2703.40	2703.40	70.50	0.00	3.51
8.000	263.08	3091.15	3091.15	70.50	0.00	4.01
9.000	296.08	3478.90	3478.90	70.50	0.00	4.51
10.000	329.08	3866.65	3866.65	70.50	0.00	5.01
11.000	362.08	4254.40	4254.40	70.50	0.00	5.51
12.000	395.08	4642.15	4642.15	70.50	0.00	6.01
13.000	428.08	5029.90	5029.90	70.50	0.00	6.51
13.300	437.98	5146.22	5146.22	70.50	0.00	6.66

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист

BKRБ-26.03.02-0096-18

| Шпангоут 7: абсцисса 82.25, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	32.46	381.40	381.40	82.25	0.00	0.50
2.000	65.38	768.26	768.26	82.25	0.00	1.01
3.000	98.38	1156.01	1156.01	82.25	0.00	1.51
4.000	131.38	1543.76	1543.76	82.25	0.00	2.01
5.000	164.38	1931.51	1931.51	82.25	0.00	2.51
6.000	197.38	2319.26	2319.26	82.25	0.00	3.01
7.000	230.38	2707.01	2707.01	82.25	0.00	3.51
8.000	263.38	3094.76	3094.76	82.25	0.00	4.01
9.000	296.38	3482.51	3482.51	82.25	0.00	4.51
10.000	329.38	3870.26	3870.26	82.25	0.00	5.01
11.000	362.38	4258.01	4258.01	82.25	0.00	5.51
12.000	395.38	4645.76	4645.76	82.25	0.00	6.01
13.000	428.38	5033.51	5033.51	82.25	0.00	6.51
13.300	438.28	5149.83	5149.83	82.25	0.00	6.66

| Шпангоут 8: абсцисса 94.00, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	32.49	381.71	381.71	94.00	0.00	0.50
2.000	65.42	768.64	768.64	94.00	0.00	1.00
3.000	98.42	1156.39	1156.39	94.00	0.00	1.51
4.000	131.42	1544.14	1544.14	94.00	0.00	2.01
5.000	164.42	1931.89	1931.89	94.00	0.00	2.51
6.000	197.42	2319.64	2319.64	94.00	0.00	3.01
7.000	230.42	2707.39	2707.39	94.00	0.00	3.51
8.000	263.42	3095.14	3095.14	94.00	0.00	4.01
9.000	296.42	3482.89	3482.89	94.00	0.00	4.51
10.000	329.42	3870.64	3870.64	94.00	0.00	5.01
11.000	362.42	4258.39	4258.39	94.00	0.00	5.51
12.000	395.42	4646.14	4646.14	94.00	0.00	6.01
13.000	428.42	5033.89	5033.89	94.00	0.00	6.51
13.300	438.32	5150.21	5150.21	94.00	0.00	6.66

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подл. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист

ВКРБ-26.03.02-0096-18

| Шпангоут 9: абсцисса 105.75, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	32.51	381.94	381.94	105.75	0.00	0.50
2.000	65.44	768.91	768.91	105.75	0.00	1.00
3.000	98.44	1156.66	1156.66	105.75	0.00	1.51
4.000	131.44	1544.41	1544.41	105.75	0.00	2.01
5.000	164.44	1932.16	1932.16	105.75	0.00	2.51
6.000	197.44	2319.91	2319.91	105.75	0.00	3.01
7.000	230.44	2707.66	2707.66	105.75	0.00	3.51
8.000	263.44	3095.41	3095.41	105.75	0.00	4.01
9.000	296.44	3483.16	3483.16	105.75	0.00	4.51
10.000	329.44	3870.91	3870.91	105.75	0.00	5.01
11.000	362.44	4258.66	4258.66	105.75	0.00	5.51
12.000	395.44	4646.41	4646.41	105.75	0.00	6.01
13.000	428.44	5034.16	5034.16	105.75	0.00	6.51
13.300	438.34	5150.49	5150.49	105.75	0.00	6.66

| Шпангоут 10: абсцисса 117.50, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	32.50	381.91	381.91	117.50	0.00	0.50
2.000	65.43	768.86	768.86	117.50	0.00	1.00
3.000	98.43	1156.61	1156.61	117.50	0.00	1.51
4.000	131.43	1544.36	1544.36	117.50	0.00	2.01
5.000	164.43	1932.11	1932.11	117.50	0.00	2.51
6.000	197.43	2319.86	2319.86	117.50	0.00	3.01
7.000	230.43	2707.61	2707.61	117.50	0.00	3.51
8.000	263.43	3095.36	3095.36	117.50	0.00	4.01
9.000	296.43	3483.11	3483.11	117.50	0.00	4.51
10.000	329.43	3870.86	3870.86	117.50	0.00	5.01
11.000	362.43	4258.61	4258.61	117.50	0.00	5.51
12.000	395.43	4646.36	4646.36	117.50	0.00	6.01
13.000	428.43	5034.11	5034.11	117.50	0.00	6.51
13.300	438.33	5150.43	5150.43	117.50	0.00	6.66

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	БКРБ-26.03.02-0096-18	
					Лист	

| Шпангоут 11: абсцисса 129.25, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	32.39	380.57	380.57	129.24	0.00	0.50
2.000	65.27	766.91	766.91	129.24	0.00	1.01
3.000	98.26	1154.60	1154.60	129.25	0.00	1.51
4.000	131.26	1542.35	1542.35	129.25	0.00	2.01
5.000	164.26	1930.10	1930.10	129.25	0.00	2.51
6.000	197.26	2317.85	2317.85	129.25	0.00	3.01
7.000	230.26	2705.60	2705.60	129.25	0.00	3.51
8.000	263.26	3093.35	3093.35	129.25	0.00	4.01
9.000	296.26	3481.10	3481.10	129.25	0.00	4.51
10.000	329.26	3868.85	3868.85	129.25	0.00	5.01
11.000	362.26	4256.60	4256.60	129.25	0.00	5.51
12.000	395.26	4644.35	4644.35	129.25	0.00	6.01
13.000	428.26	5032.10	5032.10	129.25	0.00	6.51
13.300	438.16	5148.43	5148.43	129.25	0.00	6.66

| Шпангоут 12: абсцисса 141.00, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	31.95	375.46	375.46	140.98	0.00	0.50
2.000	64.53	758.27	758.27	140.98	0.00	1.01
3.000	97.36	1143.98	1143.98	140.98	0.00	1.51
4.000	130.31	1531.09	1531.09	140.99	0.00	2.01
5.000	163.29	1918.71	1918.71	140.99	0.00	2.52
6.000	196.29	2306.45	2306.45	140.99	0.00	3.02
7.000	229.29	2694.20	2694.20	140.99	0.00	3.52
8.000	262.29	3081.95	3081.95	140.99	0.00	4.02
9.000	295.29	3469.70	3469.70	140.99	0.00	4.52
10.000	328.29	3857.45	3857.45	140.99	0.00	5.02
11.000	361.29	4245.20	4245.20	141.00	0.00	5.52
12.000	394.29	4632.95	4632.95	141.00	0.00	6.02
13.000	427.29	5020.70	5020.70	141.00	0.00	6.52
13.300	437.19	5137.03	5137.03	141.00	0.00	6.67

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата		

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

| Шпангоут 13: абсцисса 152.75, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	30.75	361.29	361.29	152.69	0.00	0.50
2.000	62.50	734.35	734.35	152.70	0.00	1.01
3.000	94.72	1112.95	1112.95	152.71	0.00	1.52
4.000	127.26	1495.28	1495.28	152.71	0.00	2.02
5.000	160.02	1880.19	1880.19	152.72	0.00	2.53
6.000	192.91	2266.71	2266.71	152.72	0.00	3.04
7.000	225.88	2654.08	2654.08	152.73	0.00	3.54
8.000	258.87	3041.76	3041.76	152.73	0.00	4.05
9.000	291.87	3429.51	3429.51	152.73	0.00	4.55
10.000	324.87	3817.26	3817.26	152.73	0.00	5.05
11.000	357.87	4205.01	4205.01	152.73	0.00	5.56
12.000	390.87	4592.76	4592.76	152.74	0.00	6.06
13.000	423.87	4980.51	4980.51	152.74	0.00	6.56
13.300	433.77	5096.84	5096.84	152.74	0.00	6.71

| Шпангоут 14: абсцисса 164.50, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	27.57	323.97	323.97	164.34	0.00	0.51
2.000	56.74	666.72	666.72	164.35	0.00	1.02
3.000	86.90	1021.03	1021.03	164.36	0.00	1.53
4.000	117.78	1383.96	1383.96	164.37	0.00	2.05
5.000	149.25	1753.67	1753.67	164.38	0.00	2.57
6.000	181.17	2128.70	2128.70	164.39	0.00	3.08
7.000	213.43	2507.85	2507.85	164.40	0.00	3.60
8.000	245.97	2890.13	2890.13	164.41	0.00	4.12
9.000	278.70	3274.68	3274.68	164.42	0.00	4.63
10.000	311.55	3660.68	3660.68	164.42	0.00	5.14
11.000	344.47	4047.52	4047.52	164.43	0.00	5.66
12.000	377.43	4434.83	4434.83	164.44	0.00	6.17
13.000	410.42	4822.40	4822.40	164.44	0.00	6.68
13.300	420.31	4938.70	4938.70	164.44	0.00	6.83

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	
					ВКРБ-26.03.02-0096-18	

| Шпангоут 15: абсцисса 176.25, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	22.12	259.92	259.92	175.95	0.00	0.51
2.000	46.05	541.06	541.06	175.96	0.00	1.03
3.000	71.32	837.97	837.97	175.98	0.00	1.55
4.000	97.74	1148.41	1148.41	175.99	0.00	2.08
5.000	125.21	1471.23	1471.23	176.00	0.00	2.61
6.000	153.64	1805.29	1805.29	176.02	0.00	3.15
7.000	182.87	2148.68	2148.68	176.03	0.00	3.68
8.000	212.74	2499.66	2499.66	176.05	0.00	4.22
9.000	243.16	2857.14	2857.14	176.06	0.00	4.75
10.000	274.07	3220.29	3220.29	176.07	0.00	5.29
11.000	305.38	3588.23	3588.23	176.08	0.00	5.82
12.000	337.04	3960.27	3960.27	176.09	0.00	6.36
13.000	369.00	4335.76	4335.76	176.10	0.00	6.89
13.300	378.64	4448.97	4448.97	176.10	0.00	7.05

| Шпангоут 16: абсцисса 188.00, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	15.41	181.07	181.07	187.60	0.00	0.51
2.000	32.27	379.14	379.14	187.60	0.00	1.03
3.000	50.46	592.95	592.95	187.60	0.00	1.56
4.000	69.96	822.03	822.03	187.61	0.00	2.10
5.000	90.77	1066.58	1066.58	187.62	0.00	2.65
6.000	113.02	1327.98	1327.98	187.63	0.00	3.22
7.000	136.75	1606.76	1606.76	187.65	0.00	3.79
8.000	161.81	1901.29	1901.29	187.67	0.00	4.36
9.000	188.01	2209.15	2209.15	187.69	0.00	4.94
10.000	215.19	2528.51	2528.51	187.70	0.00	5.52
11.000	243.23	2857.99	2857.99	187.72	0.00	6.09
12.000	272.05	3196.59	3196.59	187.74	0.00	6.66
13.000	301.55	3543.17	3543.17	187.76	0.00	7.23
13.300	310.51	3648.51	3648.51	187.76	0.00	7.41

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	БКРБ-26.03.02-0096-18		Лист

| Шпангоут 17: абсцисса 199.75, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	9.83	115.48	115.48	199.26	0.00	0.51
2.000	20.57	241.66	241.66	199.26	0.00	1.03
3.000	32.19	378.22	378.22	199.26	0.00	1.56
4.000	44.80	526.44	526.44	199.26	0.00	2.11
5.000	58.53	687.79	687.79	199.27	0.00	2.67
6.000	73.55	864.16	864.16	199.27	0.00	3.25
7.000	90.06	1058.17	1058.17	199.28	0.00	3.85
8.000	108.29	1272.43	1272.43	199.29	0.00	4.46
9.000	128.41	1508.87	1508.87	199.31	0.00	5.10
10.000	150.29	1765.90	1765.90	199.34	0.00	5.74
11.000	173.66	2040.49	2040.49	199.36	0.00	6.38
12.000	198.35	2330.57	2330.57	199.39	0.00	7.02
13.000	224.27	2635.21	2635.21	199.41	0.00	7.65
13.300	232.27	2729.22	2729.22	199.42	0.00	7.84

| Шпангоут 18: абсцисса 211.50, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	5.55	65.16	65.16	210.83	0.00	0.51
2.000	11.68	137.20	137.20	210.84	0.00	1.03
3.000	18.40	216.19	216.19	210.85	0.00	1.57
4.000	25.73	302.28	302.28	210.86	0.00	2.12
5.000	33.75	396.52	396.52	210.87	0.00	2.69
6.000	42.59	500.45	500.45	210.88	0.00	3.28
7.000	52.45	616.33	616.33	210.88	0.00	3.88
8.000	63.61	747.44	747.44	210.89	0.00	4.52
9.000	76.43	898.09	898.09	210.90	0.00	5.19
10.000	91.40	1073.90	1073.90	210.92	0.00	5.90
11.000	108.60	1276.03	1276.03	210.94	0.00	6.63
12.000	127.83	1501.99	1501.99	210.98	0.00	7.36
13.000	148.90	1749.62	1749.62	211.02	0.00	8.09
13.300	155.58	1828.04	1828.04	211.03	0.00	8.31

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подл. и дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

| Шпангоут 19: абсцисса 223.25, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
1.000	1.62	19.00	19.00	220.66	0.00	0.51
2.000	3.48	40.87	40.87	220.69	0.00	1.05
3.000	5.60	65.78	65.78	220.72	0.00	1.60
4.000	8.00	94.04	94.04	220.77	0.00	2.17
5.000	10.74	126.16	126.16	220.83	0.00	2.77
6.000	13.89	163.17	163.17	220.88	0.00	3.39
7.000	17.57	206.48	206.48	220.95	0.00	4.05
8.000	22.01	258.62	258.62	221.05	0.00	4.75
9.000	27.46	322.64	322.64	221.17	0.00	5.49
10.000	34.43	404.51	404.51	221.32	0.00	6.31
11.000	43.45	510.54	510.54	221.50	0.00	7.18
12.000	54.93	645.48	645.48	221.70	0.00	8.09
13.000	69.10	811.88	811.88	221.89	0.00	9.00
13.300	73.87	867.99	867.99	221.95	0.00	9.27

| Шпангоут 20: абсцисса 235.00, шпация 11.750 |

Осадка,м	F, м2	Объём,м ³	Масса,т	X,м	Y,м	Z,м
11.000	0.09	1.10	1.10	229.56	0.00	10.77
12.000	0.67	7.82	7.82	229.83	0.00	11.50
13.000	2.58	30.37	30.37	230.41	0.00	12.31
13.300	3.74	43.90	43.90	230.72	0.00	12.57

<i>Инв. № подл.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв №</i>	<i>Инв. № фубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>		

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Лист</i>
					<i>БКРБ-26.03.02-0096-18</i>

| Грузовой размер |

Осадка, м	Объём, м ³	Масса, т	Mx, т.м	My, т.м	Mz, т.м
0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
1.000	4921.09	5061.28	564940.5	0.0	2681.1
2.000	10142.1	10429.97	1153472.9	0.0	11054.7
3.000	15523.13	15962.70	1757211.8	0.0	25374.0
4.000	21021.81	21616.01	2373995.4	0.0	45800.4
5.000	26619.04	27370.34	3003414.9	0.0	72480.2
6.000	32307.41	33218.09	3645866.8	0.0	105558.5
7.000	38082.69	39154.92	4301948.2	0.0	145182.0
8.000	43939.57	45175.40	4972410.0	0.0	191481.6
9.000	49867.46	51268.65	5658152.2	0.0	244518.0
10.000	55853.64	57421.66	6360630.2	0.0	304312.1
11.000	61900.22	63636.58	7080899.0	0.0	371007.2
12.000	68061.27	69968.82	7820028.7	0.0	445286.7
13.000	74350.54	76432.50	8579939.8	0.0	527549.4
13.300	75787.04	77922.0	8812713.3	0.0	553861.4

3.2.1 Расчёт элементов теоретического чертежа.

Исходными данными для расчёта являются:

-угол дифферента (f);

-угол крена (q);

-начальная, конечная осадка и шаг по осадкам (допускается задание по отдельным районам).

Результаты расчёта выводятся в файл «st_eltd.str» и приведены в таблице 3.2.1.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

3.3. Расчет диаграмм остойчивости.

Диаграммой остойчивости называется график зависимости плеч статической или динамической остойчивости от угла крена.

Для изучения продольных наклонений выводы начальной остойчивости считаются достаточными, так как углы дифферента не превосходят $10\text{--}12^{\circ}$. Если углы крена достигают $45\text{--}50^{\circ}$, то допущения, перестают быть справедливыми. Так, в точности при больших наклонениях судна кривая центров величины уже не может быть принята за дугу окружности, и, следовательно, центр кривизны кривой центров величины (метацентр) будет менять свое положение.

Выражение для плеча статической остойчивости при больших наклонениях имеет вид:

$$l = y_c \cdot \cos\theta + (z - z_c) \cdot \sin\theta - a \cdot \sin\theta.$$

θ -Угол наклонения, град.

Первые два слагаемых зависят при заданном угле крена от формы корпуса и размеров судна, поэтому они получили название плеча остойчивости формы. Последний член, зависящий от распределения грузов на судне, называют плечом остойчивости веса. Таким образом, плечи статической остойчивости для любого случая нагрузки судна могут быть найдены как разность плеч остойчивости формы и плеч остойчивости веса для каждого угла крена.

Существенную роль при обеспечении остойчивости играет максимальное плечо статической остойчивости l_{max} и соответствующий ему угол крена θ_{max} , а также угол заката диаграммы $\theta_{зак}$, при котором диаграмма пересекает ось абсцисс.

На диаграмму статической остойчивости оказывают влияние размеры, архитектурный тип и распределение грузов по высоте судна.

Для расчета диаграмм остойчивости сделаем расчет весовой нагрузки и определим положение ЦТ по длине судна.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Расчет остойчивости производится для четырех вариантов нагрузки:

1) Судно в полном грузу со 100 % запасов.

Статьи нагрузки	Вес, т	Плечи от ОП, м	Моменты относительно ОП, Т*м
Судно порожнем	17922	8,57	156817
Экипаж, провизия, вода	320	17,3	5536
Груз перевозимый	55660	9,60	534336
Запасы топлива, масла, воды	4020	5,0	20100
Σ	77922		716789
	A		B

$$Z_g = B/A = 716789/77922 = 9,19 \text{ м}$$

2) Судно в полном грузу с 10 % запасов.

Статьи нагрузки	Вес, т	Плечи от ОП, м	Моменты относительно ОП, Т*м
Судно порожнем	17922	8,57	156817
Экипаж, провизия, вода	320	17,3	5536
Груз перевозимый	55660	9,60	534336
Запасы топлива, масла, воды	402	5,0	2010
Σ	74304		698699
	A		B

$$Z_g = B/A = 698699/74304 = 9,4 \text{ м.}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3) Судно без груза со 100 % запасов.

Статьи нагрузки	Вес, т	Плечи от ОП, м	Моменты относительно ОП, Т*м
Судно порожнем	17922	8,57	156817
Экипаж, провизия, вода	320	17,3	5536
Груз перевозимый	0	9,60	0
Запасы топлива, масла, воды	4020	5,0	20100
Σ	22262		182453
	A		B

$$Z_g = B/A = 182453/22262 = 8,19 \text{ м.}$$

4) Судно без груза с 10 % запасов.

Статьи нагрузки	Вес, т	Плечи от ОП, м	Моменты относительно ОП, Т*м
Судно порожнем	17922	8,57	156817
Экипаж, провизия, вода	320	17,3	5536
Груз перевозимый	0	9,60	0
Запасы топлива, масла, воды	402	5,0	2010
Σ	18644		164363
	A		B

$$Z_g = B/A = 164363/18644 = 8,81 \text{ м.}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Расчет и диаграммы плеч статической остойчивости для каждого случая нагрузки производится на ЭВМ с помощью программы statica.exe. Результаты удобно проводить в табличной форме.

Таблица 3.3.1. Расчет плеч остойчивости (судно в полном грузу со 100 % запасов).

Θ	sin	cos	$y_c * \cos\Theta$	$z_c * \sin\Theta$	$l_\phi = 4+5$	$z_g * \sin\Theta$	$l=6-7$	Σl	$\Delta\Theta/2 * \Sigma l$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,174	0,985	1,368	1,103	2,471	1,613	0,858	0,858	0,075
20	0,342	0,940	2,401	2,243	4,644	3,177	1,466	3,182	0,278
30	0,500	0,866	3,104	3,341	6,444	4,645	1,860	6,508	0,568
40	0,643	0,766	3,596	4,436	8,032	5,971	2,060	10,429	0,910
50	0,766	0,643	3,598	5,479	9,077	7,117	1,961	14,449	1,261
60	0,866	0,500	3,132	6,393	9,524	8,045	1,479	17,889	1,561
70	0,940	0,342	2,322	7,143	9,465	8,730	0,735	20,103	1,754
80	0,985	0,174	1,256	7,704	8,960	9,149	-0,189	20,649	1,802
90	1,000	0,000	0,000	8,059	8,059	9,290	-1,231	19,229	1,678

Таблица 3.3.2. Расчет плеч остойчивости (судно в полном грузу с 10 % запасов).

Θ	sin	cos	$y_c * \cos\Theta$	$z_c * \sin\Theta$	$l_\phi = 4+5$	$z_g * \sin\Theta$	$l=6-7$	Σl	$\Delta\Theta/2 * \Sigma l$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,174	0,985	1,430	1,049	2,479	1,670	0,809	0,809	0,071
20	0,342	0,940	2,623	2,173	4,796	3,290	1,506	3,123	0,273
30	0,500	0,866	3,377	3,287	6,664	4,810	1,902	6,531	0,570
40	0,643	0,766	3,831	4,404	8,235	6,184	2,052	10,484	0,915
50	0,766	0,643	3,750	5,459	9,209	7,369	1,840	14,376	1,254
60	0,866	0,500	3,217	6,383	9,600	8,331	1,268	17,484	1,526
70	0,940	0,342	2,360	7,140	9,500	9,040	0,460	19,212	1,676
80	0,985	0,174	1,265	7,704	8,970	9,474	-0,504	19,167	1,673
90	1,000	0,000	0,000	8,059	8,059	9,620	-1,561	17,102	1,492

Изм. № подл.	Подп. и дата		Взам. ини № подл.		Подп. № дубл.		Подп. и дата		Лист
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				

Таблица 3.3.3. Расчет плеч остойчивости (судно без груза со 100 % запасов).

Θ	sin	cos	$y_c * \cos\Theta$	$z_c * \sin\Theta$	$l_\phi = 4+5$	$z_g * \sin\Theta$	$l=6-7$	$\sum l$	$\Delta\Theta/2 * \sum l$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,174	0,985	1,430	1,049	2,479	1,530	0,949	0,949	0,083
20	0,342	0,940	2,623	2,173	4,796	3,013	1,783	3,681	0,321
30	0,500	0,866	3,377	3,287	6,664	4,405	2,423	8,123	0,709
40	0,643	0,766	3,831	4,404	8,235	5,663	2,572	13,118	1,145
50	0,766	0,643	3,750	5,459	9,209	6,749	2,401	18,012	1,602
60	0,866	0,500	3,217	6,383	9,600	7,630	1,870	22,283	2,012
70	0,940	0,342	2,360	7,140	9,500	8,279	1,109	25,262	2,251
80	0,985	0,174	1,265	7,704	8,970	8,676	0,191	26,562	2,318
90	1,000	0,000	0,000	8,059	8,059	8,810	-0,751	26,002	2,269

Таблица 3.3.4. Расчет плеч остойчивости (судно без груза со 10 % запасов).

Θ	sin	cos	$y_c * \cos\Theta$	$z_c * \sin\Theta$	$l_\phi = 4+5$	$z_g * \sin\Theta$	$l=6-7$	$\sum l$	$\Delta\Theta/2 * \sum l$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,174	0,985	1,430	1,049	2,479	1,683	0,796	0,796	0,070
20	0,342	0,940	2,623	2,173	4,796	3,314	1,482	3,075	0,268
30	0,500	0,866	3,377	3,287	6,664	4,845	1,921	6,477	0,565
40	0,643	0,766	3,831	4,404	8,235	6,229	2,007	10,405	0,908
50	0,766	0,643	3,750	5,459	9,209	7,423	1,786	14,198	1,239
60	0,866	0,500	3,217	6,383	9,600	8,392	1,208	17,191	1,500
70	0,940	0,342	2,360	7,140	9,500	9,106	0,394	18,793	1,640
80	0,985	0,174	1,265	7,704	8,970	9,543	-0,573	18,614	1,624
90	1,000	0,000	0,000	8,059	8,059	9,690	-1,631	16,410	1,432

BKРБ-26.03.02-0096-18

По результатам расчетов строятся диаграммы остойчивости для каждого состояния нагрузки. Рис. 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Таблица 3.2.2. Геометрические характеристики проектируемого судна

Осадка T, м	Объём, V, м ³	Площадь смочен. пов-сти, м ²	Моменты инерции			Коэффициенты						Площадь ДП, м ²
			J _x , м ⁴	J _y , м ⁴	J _z , м ⁴	L /B	B/T	α	δ	l	χ	
1.00	5605,2	5701,7	37,5*10 ⁴	13,5*10 ⁶	13,8*10 ⁶	7,12	33,00	0,705	0,605	13,488	0,967	220,7
2.00	11510,4	6214,9	78,7*10 ⁴	28,6*10 ⁶	29,4*10 ⁶	7,12	16,50	0,711	0,634	10,612	0,96	446,2
3.00	17575,6	6698,8	122,2*10 ⁴	44,8*10 ⁶	46,0*10 ⁶	7,12	11,00	0,746	0,670	9,215	0,956	672,9
4.00	23758,4	7172,9	167,8*10 ⁴	61,7*10 ⁶	63,3*10 ⁶	7,12	8,25	0,777	0,689	8,334	0,953	899,9
5.00	30039,7	7644,5	215,7*10 ⁴	79,3*10 ⁶	81,4*10 ⁶	7,12	6,60	0,807	0,716	7,707	0,949	1126,9
6.00	36412,3	8116,7	266,1*10 ⁴	97,6*10 ⁶	100*10 ⁶	7,12	5,50	0,827	0,741	7,229	0,946	1353,9
7.00	42871,7	8591,8	319,2*10 ⁴	117*10 ⁶	119*10 ⁶	7,12	4,71	0,845	0,760	6,846	0,942	1581,6
8.00	49412,7	9070,7	375,3*10 ⁴	136*10 ⁶	139*10 ⁶	7,12	4,13	0,861	0,776	6,529	0,939	1809,6
9.00	56024,7	9562,6	434,6*10 ⁴	156*10 ⁶	160*10 ⁶	7,12	3,67	0,877	0,789	6,262	0,937	2037,7
10.00	62695,0	10076,8	497,3*10 ⁴	177*10 ⁶	181*10 ⁶	7,12	3,30	0,889	0,801	6,031	0,936	2266,7
11.00	69425,8	10587,9	564,0*10 ⁴	198*10 ⁶	203*10 ⁶	7,12	3,00	0,899	0,811	5,83	0,930	2495
12.00	76270,9	11087,9	635,4*10 ⁴	220*10 ⁶	225*10 ⁶	7,12	2,75	0,908	0,818	5,65	0,920	2724,2
13.00	83244,4	11606,5	711,9*10 ⁴	244*10 ⁶	249*10 ⁶	7,12	2,54	0,917	0,822	5,487	0,909	2956,1
13.30	85365,0	11770,2	735,9*10 ⁴	251*10 ⁶	256*10 ⁶	7,12	2,48	0,936	0,825	5,441	0,905	3026,5

BKRБ-26.03.02-0015-16

Лист

Изм.
Лист
№ докум.
Подп.
Дата

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Таблица 3.2.1. Гидростатические кривые проектируемого судна

Осадка м	Водоиз- мещение, т	Координаты центра величины		Площадь вл, м ²	Абсцисса цт вл, м	Поп. мом. ин.вл, м ⁴	Поп. метац. радиус, м	Возыш метац, м	Прод. мом ин.вл, м ⁴	Прод.мет радиус, м
		X _с , м	Z _с , м							
1,000	5605,2	106,824	0,507	5469,65	105,928	397194	75,105	75,612	14495809	2741,006
2,000	11510,4	106,208	1,018	5658,69	105,460	418996	38,58	39,598	15711723	1446,689
3,000	17575,6	105,958	1,530	5782,73	105,562	433001	26,109	27,639	16569524	999,122
4,000	23758,4	105,898	2,043	5882,25	105,925	444685	19,836	21,879	17269460	770,345
5,000	30039,7	105,959	2,557	5970,89	106,490	455351	16,065	18,622	17904742	631,671
6,000	36412,3	106,114	3,072	6054,45	107,219	465275	13,542	16,614	18524791	539,170
7,000	42871,7	106,345	3,589	6134,81	108,096	474370	11,726	15,315	19153462	473,476
8,000	49412,7	106,646	4,107	6208,16	109,199	482250	10,343	14,450	19756581	423,730
9,000	56024,7	107,032	4,625	6267,30	110,704	489214	9,254	13,880	20242932	382,922
10,000	62695,0	107,519	5,144	6318,39	112,562	497424	8,408	13,552	20615457	348,481
11,000	69425,8	108,090	5,663	6400,74	113,980	507507	7,474	13,411	21306837	325,249
12,000	76270,9	108,660	6,187	6517,04	114,925	518206	7,201	13,388	22434695	311,734
13,000	83244,4	109,232	6,716	6647,00	116,105	529421	6,74	13,456	23774763	302,679
13,300	85365,0	109,409	6,876	6692,91	116,577	532972	6,617	13,493	24277683	301,404

БКРБ-26.03.02-0015-16

Лист

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист

ВКРБ-26.03.02-0096-18

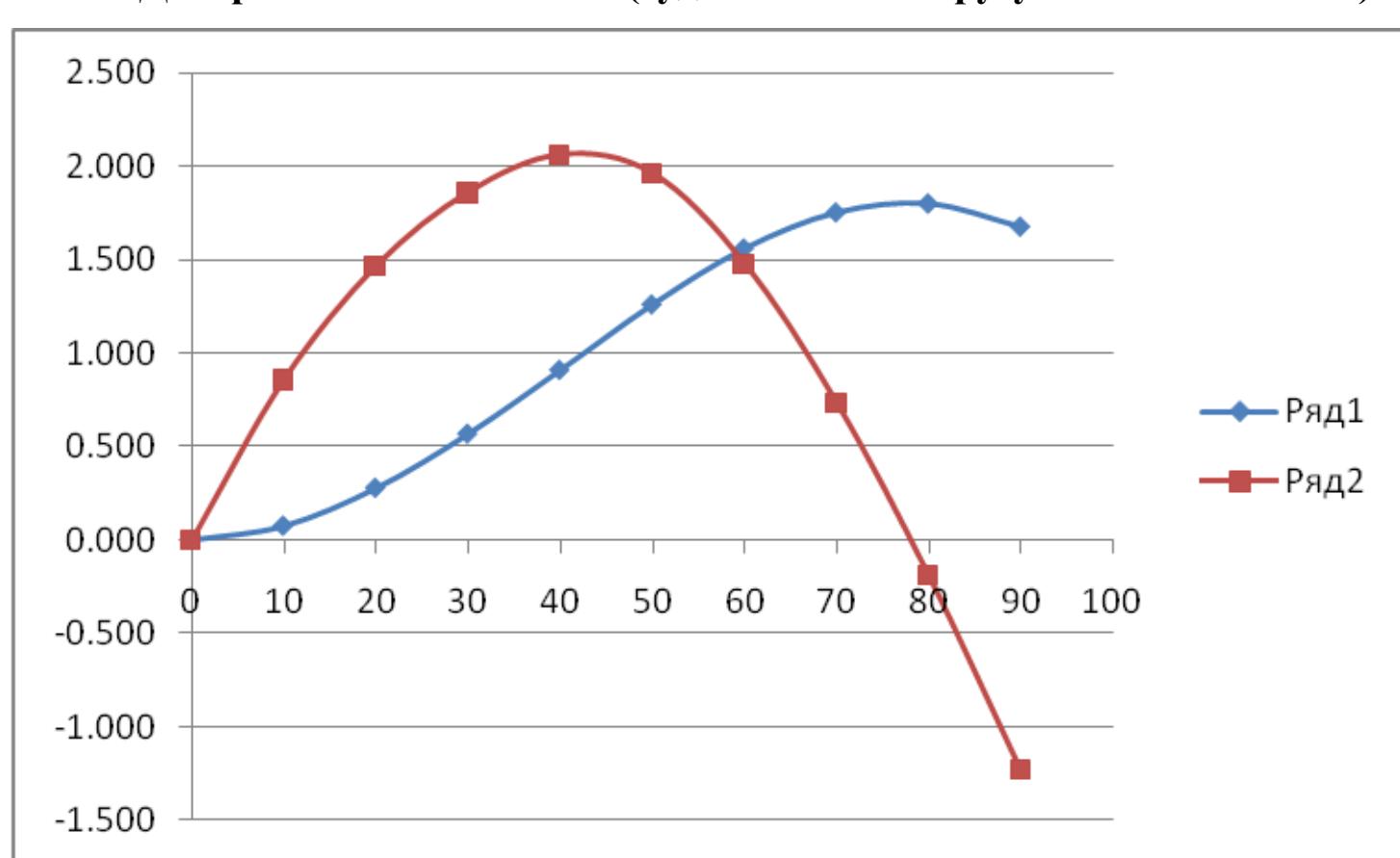


Рис. 3.3.1

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Диаграмма остойчивости (судно в полном грузу с 10 % запасов).

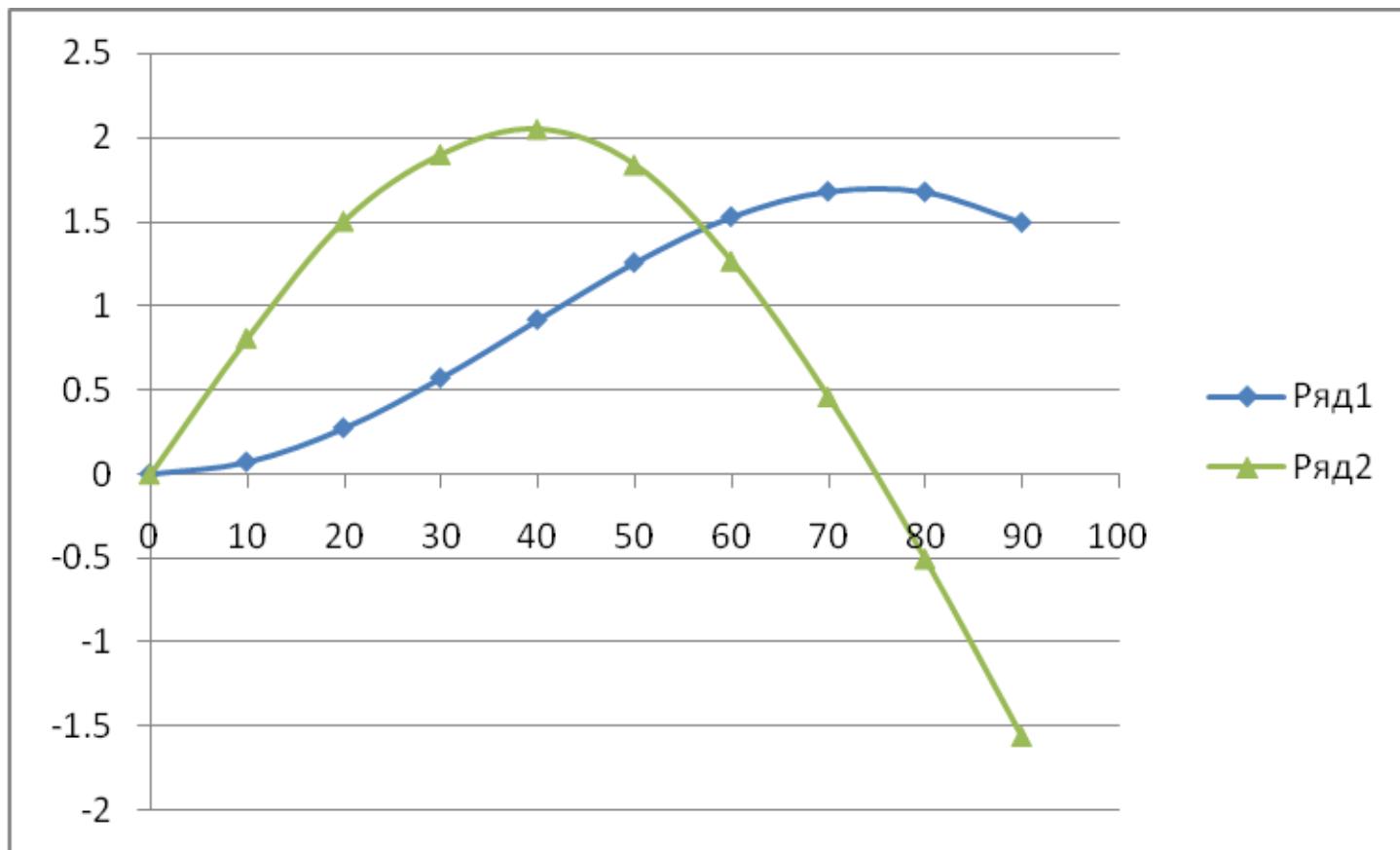


Рис. 3.3.2

<i>Инв. № подл.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв</i>	<i>Инв. № дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>

ВКРБ-26.03.02-0096-18

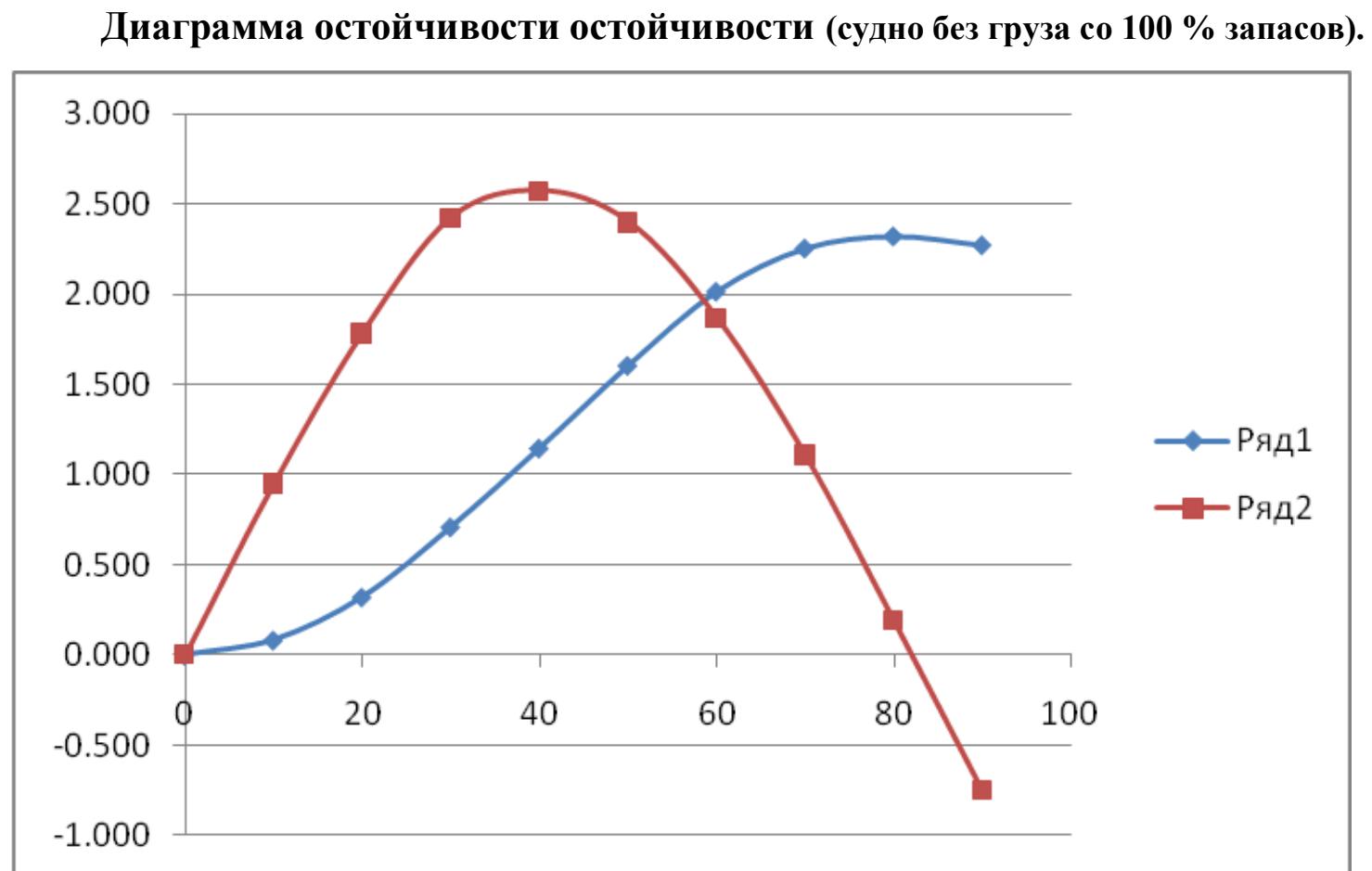


Рис. 3.3.3

<i>Изм.</i>

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист
№ докум.	Подп.
	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

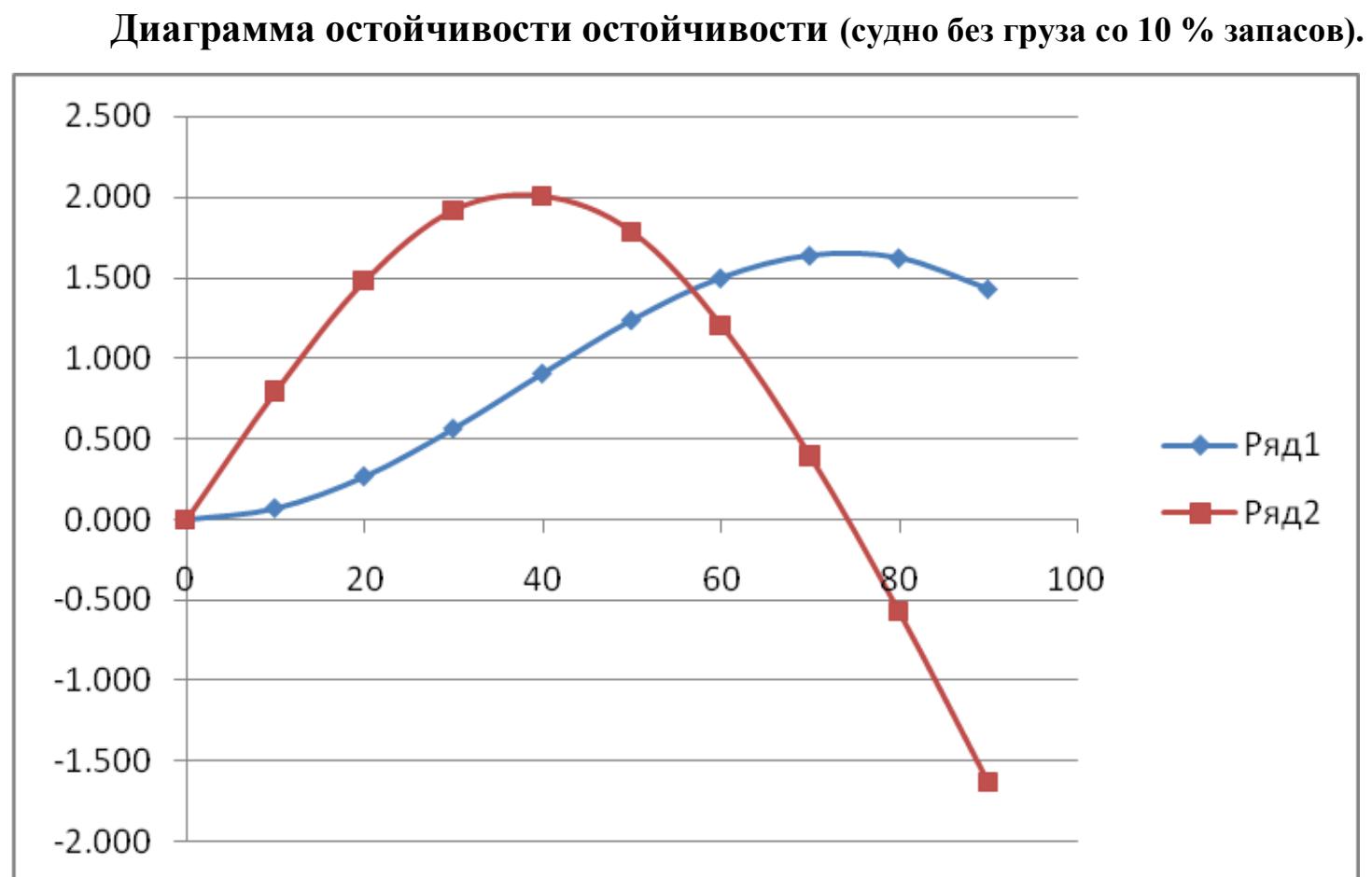


Рис. 3.3.4

Глава 4. Конструкция и прочность

- 4.1. Разработка конструктивного корпуса судна.
- 4.1.1 Основные положения по определению размеров связей.
- 4.1.2 Общие описания конструкций корпуса судна
- 4.1.3 Учёт коррозионного износа.
- 4.1.4 Материалы и определение минимальных толщин основных элементов конструкций корпуса.
- 4.1.5 Выбор системы набора корпуса судна, распределение размера практических шпаций по длине корпуса, положение поперечных и продольных переборок в корпусе.
- 4.1.6 Определение расчётных нагрузок, действующих на корпуса судна.
- 4.1.7 Определение толщины обшивки днища, бортов, настилов палубы и второго дна.
- 4.1.8 Выбор распределения поперечного и продольного набора по днищу, бортам, палубам и по переборкам
- 4.1.9 Расчет поперечного и продольного набора по днищу
- 4.1.10 Расчет бортового набора
- 4.1.11 Расчет набора палубы
- 4.1.12 Расчет набора и обшивки поперечных и продольных переборок.
- 4.1.13 Расчет книц.
- 4.1.14 Результаты расчетов

4.2 Расчет общей продольной прочности

- 4.2.1 Классификация внешних сил, действующих на корпус.
- 4.2.2 Определение перерезывающих сил и изгибающих моментов.
- 4.2.3 Определение напряжений.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	VKRB-26.03.02-0096-18		
Разраб.	Агаев Р.Т.				Lит.	Лист	Листов
Пров.	Чеченев А.В.						
Руковод.	Пичугин Д.А.						
Н. Контр.	Чеченев А.В.						
Утврд.	Рубан А.Р.				АГТУ		

4.1. Разработка конструктивного корпуса судна.

4.1.1 Основные положения по определению размеров связей

Размеры элементов корпусных конструкций определяются в соответствии с «Правилами Российского Морского Регистра Судоходства» частью 2 «Корпус» при заданных расчётных нагрузках, методах расчёта и запасов прочности с учётом запаса на износ.

Определение размеров связей в Правилах производится по расчётным схемам, представляющим конструкции в виде стержневых систем, работающих на изгиб, сдвиг, продольное кручение и кручение с учётом влияния смежных конструкций. В качестве расчётных характеристик материала конструкций корпуса в Правилах принимаются расчётные прочностные характеристики стали:

R_{eH} - верхний предел текучести, МПа;

σ_n - расчётный нормативный предел текучести по нормальным напряжениям, МПа, определяемый по формуле:

$$\sigma_n = 235/\eta, \text{ где}$$

η - коэффициент использования механических свойств стали, определяемый по таблице 1.1.4.3. Российского Регистра

τ_n - расчётный нормативный предел текучести по касательным напряжениям, МПа, определяемый по формуле:

$$\tau_n = 0,57 * \sigma_n$$

Требования к прочности конструктивных элементов и конструкций в целом при определении их размеров и прочностных характеристик формулируются в Правилах путём задания нормативных значений допускаемых напряжений для расчётных нормальных $\sigma_d = k_\sigma * \sigma_n$ и касательных $\tau_d = k_\tau * \tau_n$ напряжений (где k_σ и k_τ - коэффициенты допускаемых нормальных и касательных напряжений соответственно).

Значения k_σ и k_τ приводятся в соответствующих главах Правил.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Требования к устойчивости предъявляются к элементам конструкций, подверженным воздействию значительных сжимающих нормальных и/или касательных напряжений.

Толщина элементов корпуса судна, определённая в соответствии с требованиями настоящей части Правил, должна быть не менее минимальной толщины, указанной для конкретных конструкций в соответствующей части Правил.

4.1.2 Общие описания конструкций корпуса судна

4.1.2.1. Расчет погибы поперечного сечения ВП бимсов.

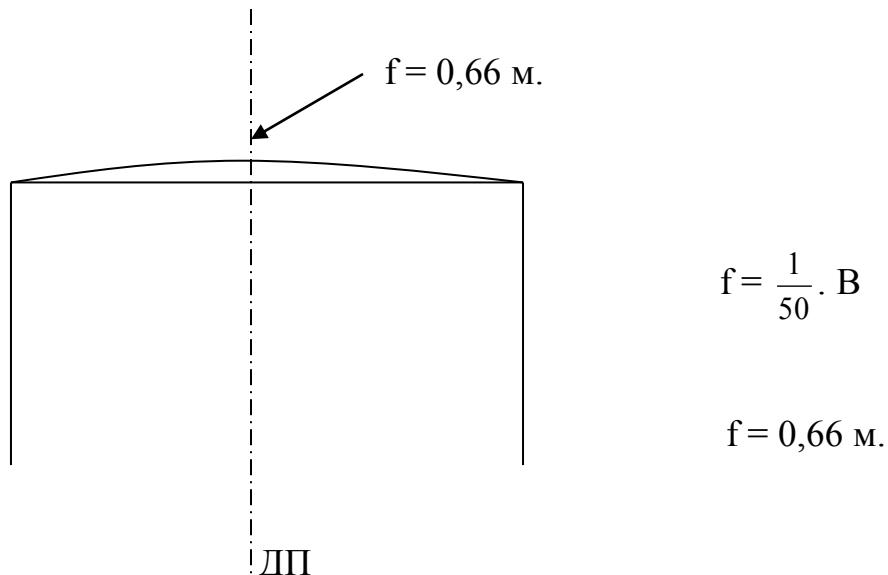


Рис.1

4.1.2.2. Особенности конструктивных элементов корпуса судна.

При длине судна $L_{\text{ц}} = 235$ м принимаем продольную систему набора по двойному дну, бортам и палубе.

Поперечные переборки имеют гофрированную систему набора с вертикальным расположением р/ж и горизонтальными шельфами.

Предусмотрено вставить одну продольную переборку в ДП, набор которого набран по продольной системе.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Высота двойного дна 2 м. Двойное дно имеет протяженность от форпиковой до ахтерпиковой переборки.

Судно имеет двойной борт с целью предотвращения загрязнения окружающей среды и увеличения общую продольную прочность.

В корпусе судна поставлены 10 поперечных водонепроницаемых переборок (включая форпиковую и ахтерпиковую) от днища до ВП.

Носовая оконечность имеет бульбовой нос.

Кормовая часть имеет транцевую корму.

4.1.3 Учёт коррозионного износа

Запас на износ Δs , мм, определяется по формуле:

$\Delta s = u^*(T-12)$, где u - среднегодовое уменьшение толщины связи, мм/год, принимается по таблице 1.1.5.2. (см. Регистр РФ.)

$T=24$ года- срок службы судна.

Результаты расчёта запаса на износ для конструктивных элементов представлены в таблице 4.1.3.1.

Таблица 4.1.3.1. Запас на износ толщин конструктивных элементов.

Элемент конструкции корпуса	U, мм/год	Δs , мм
Настил палуб и платформ		
Верхняя палуба	0,1	1,2
Палуба в жилых и производственных помещениях	0,14	1,68
Бортовая обшивка		
Надводный борт	0,1	1,20
В районе переменных ватерлиний	0,17	2,04
Ниже района переменных ватерлиний	0,14	1,68
Днищевая обшивка		
Включая скулу	0,14	1,68

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Лист

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Продолжение таблицы 4.1.3.1

Элемент конструкции корпуса	u, мм/год	ΔS , мм
В районе топливных цистерн	0,15	1,80
В районе балластных отсеков	0,2	2,40
Настил второго дна		
Второе дно в районе грузовых трюмов	0,2	2,4
Обшивка скуловых цистерн	0,25	3,0
Междудонный лист	0,23	2,76
Обшивка второго борта	0,18	2,16
Надстройки рубки и фальшборт (обшивка и набор)	0,1	1,2
Обшивка конструкций внутри второго дна	0,14	1,68

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

4.1.3 Материалы и определение минимальных толщин основных элементов конструкций корпуса

Поскольку наше судно имеет значительные размерения, относится к нефтеналивной группе, поэтому, с целью повышения прочности и работоспособности конструкции судна, будем использовать сталь повышенной прочности $R_{eH}=315\text{МПа}$; тогда $\eta=0,78$.

$$\sigma_n = 235/078 = 300 \text{ МПа};$$

$$\tau_n = 0,57 * 300 = 171 \text{ МПа}.$$

Выбор категории стали для элементов конструкций корпуса, в том числе подверженных длительному воздействию низких температур, производится согласно рис. 1.2.3 Регистра для различных групп связей, исходя из фактически принятой для данного элемента толщины и расчётной температуры конструкций, определяемой по Регистру.

Минимальные толщины основных элементов корпуса определяются в соответствии требованиям Регистра (таблица 4.4.1).

Таблица 4.1.4.1 Определение минимальных толщин основных элементов корпуса.

Элемент конструкции корпуса	S_{min} , мм принимаемое
Наружная обшивка $S_{min} = (5,5 + 0,04L) * \sqrt{\eta} = 13,2 \text{ мм}$	14
Верхняя палуба $S_{min} = (7 + 0,02L) * \sqrt{\eta} = 10,3 \text{ мм}$	12
Настил второго дна $S_{min} = (5 + 0,035L) * \sqrt{\eta} = 11,8 \text{ мм}$	12
Обшивка второго борта $S_{min} = 6,7 + 0,02L = 11,4 \text{ мм}$	12

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подл. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

По требованиям Регистра выбираем материал.

В качестве минимальной расчётной температуры окружающего воздуха T_a принимается минимальная среднесуточная температура воздуха, отмеченная за пятилетний период эксплуатации в наиболее неблагоприятных по условиям охлаждения акваториях.

В районе восточного моря, для судна данной категории примем $T_a = 0^\circ \text{C}$.

В соответствии с таблицами 1.2.3.4. и 1.2.3.7 и рис. 1.2.3, принимаем категории стали для следующих элементов:

Таблица 4.1.4.2. Выбор категории стали.

Связи корпуса	Группа связей	Расчётная темп-ра, T_a	Категория стали	Принятая кат-рия *
Ширстрек, палубный стрингер расчётной палубы	3, 2	0	A32,D32 ...	D32
Скуловой пояс	3, 2	0	A32,D32 ...	D32
Обшивка расчётной палубы	3, 2, 1	0	A32,D32 ...	D32
Обшивка днища, второго дна, вертикальный киль	2, 1	0	A32,D32 ...	D32
Наружные продольные связи, обшивка и набор длинных надстроек, обшивка коротких надстроек	2, 1	0	A32,D32 ...	D32
Набор из катаного профиля	1	0	A32,D32 ...	D32

* С целью повышения прочности конструкции, принимается категория D32 – более качественная сталь

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Для настила палубы, второго дна, обшивки борта, переборок, набора, т.е в качестве основного материала будем использовать сталь 09Г2.

4.1.4 Выбор системы набора корпуса судна, распределение размера практических шпаций по длине корпуса, положение поперечных и продольных переборок в корпусе

4.1.5.1 Согласно Регистру (т1, стр.66, п.1.1.3) нормальная шпация – расстояние

между балками основного набора a_0 определяется по формуле:

$$a_0 = 0,002L + 0,48 = 0,002 \cdot 235 + 0,48 = 0,95 \text{ м.}$$

Для судов неограниченного района плавания, шпация от $0,75a_0$ до $1,25a_0$; т.е. 0,713 м до 1,19 м

Во всех случаях шпация основного набора не должна превышать 1 м. в форпике и ахтерпике шпации должна быть не более 0,6 м, в районе $0,2L$ не должна превышать 0,7 м

В форпике и ахтерпике шпации принят 0,6 м, в районе $0,2L$ принят 0,7 м, а между перпендикулярами 1 м. Продольная шпация принят 0,8 м

4.1.5.2.Расстановка поперечных водонепроницаемых переборок.

Форпиковая и ахтерпиковая переборки.

В соответствии с требованием Регистра (п.1.1.6.1) длина форпиковой переборки должна не более :

$$l_{\phi\max} = 0,05L + 3 = 0,05 \cdot 235 + 3 = 14,75 \text{ м.}$$

$$l_{\phi\min} = 0,05L = 0,05 \cdot 235 = 11,75 \text{ м.}$$

Окончательно принимаем $l_{\phi} = 12,6$ м. Фактическая шпация в форпиковом отсеке $a_{\phi} = 0,6$ м, следовательно число шпаций 21.

Длина ахтерпика принимается равна 9,6 м. Фактическая шпация в ахтерпиковом отсеке $a_{\phi} = 0,6$ м, т.е 16 шпаций.

Остальные переборки.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

BKRБ-26.03.02-0096-18

Лист

Согласно требованиям Регистра в остальной части вставим 8 водонепроницаемых переборок, два первые на расстояние 21,7м и 23,9м от ахтерпика, а остальные на расстояние 24 м друг от друга. В отсеке района 0,2L принята фактическая шпация $a_\phi = 0,7$ м, в остальном 1м т.е 24 шпаций .

4.1.5 Определение нагрузок, действующих на корпуса судна

4.1.6.1. Определение нагрузок, действующих на корпуса судна, расчетное статическое давление P_{st} , кПа для приложения нагрузки, расположенной выше летней ГВЛ определяется по формуле (т1, 1.3.2.1).

$$P_{st} = \rho \cdot g \cdot z \quad (5.6.1)$$

Где, z – осадка; $\rho = 1,025 \text{ т/м}^3$ - плотность морской воды; g – ускорение свободного падения.

$$P_{st} = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 13,3 = 133 \text{ кПа при } z = 13,3 \text{ м}$$

4.1.6.2. Расчетное давление волны определяется по формуле (п.1.3.2.2).

$$P_w^H = P_{w0} - 1,5 \cdot C_w \cdot \frac{z_i}{d} \quad (5.1.6.2.1) \text{ – для точек ниже ВЛ.}$$

$$P_w^B = P_{w0} - 7,5 \cdot a_x \cdot z_i \quad (5.1.6.2.2) \text{ – для точек выше ВЛ.}$$

Основным параметром расчётных нагрузок и ускорений, воспринимаемых корпусом судна со стороны моря, является волновой коэффициент C_w :

При $90 < L < 300$, C_w определяется по формуле (п.1.3.1.4.Регистр):

$$C_w = 10,75 \cdot \left(\frac{300-L}{100} \right)^{3/2} = 10,23 \text{ м}$$

$$P_{w0} = 5 \cdot C_w \cdot a_v \cdot a_x \quad (5.1.6.2.3)$$

z_i – отстояние точки от расчетной ВЛ.

$$a_v = 0,8 \cdot \frac{V_o}{\sqrt{L}} \cdot \left(\frac{L}{10^3} + 0,4 \right) + 1,5 \quad (6.2.4); \text{ где } v_0 = 14,2 \text{ уз – специфическая скорость.}$$

$$a_v = 0,8 \cdot \frac{14,2}{\sqrt{235}} \cdot \left(\frac{235}{10^3} + 0,4 \right) + 1,5 = 1,97 ;$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

$$a_x = k_x \cdot \left(1 - \frac{2x_1}{L}\right) \geq 0,267 \quad (5.1.6.2.5)$$

где $k_x = 0,8$ – для поперечных сечений в нос от миделя.

$k_x = 0,5$ – для поперечных сечений в корму от миделя.

x_1 – отстояние рассматриваемого сечения от ближайшего к нему перпендикуляра, м.

Таблица 4.1.6.2.1: определение коэффициенты a_v , a_x .

X		-0,25L	0 (мидель)	0,25L
a_v		1,97	1,97	1,97
a_x	Расчет	0,25	0	0,4
	Приним	0,267	0,267	0,4
$a_v.a_x$	Расчет	0,526	0,526	0,79
	Приним	0,6	0,6	0,79
P_{w0}		30,7	30,7	40,4

- $a_v.a_x \geq 0,6$

Подставляя значение C_w и $a_v.a_x$ для различных поперечных сечений в формулу 5.1.6.2.3 получим значение P_{w0} , затем, вычитываем P_w^H , а для точек выше ГВЛ принимаем $P_w^B = 0,7.P_w^H$

Таблица 4.1.6.2.2 : определение значения давления от волны.

x	-0,25L	0 (мидель)	0,25L
P_{w0} , кПа	30,7	30,7	40,4
P_w^H , кПа	15,4	15,4	25
P_w^B , кПа	10,8	10,8	17,5

По Регистру значение давления должно быть не менее

$P_{min}=0,015.L+7= 10,5$ кПа. Т.е все значения в таблице 6.2.2 принимаем

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Внешние нагрузки на корпус со стороны моря рассчитываются следующим образом:

Для точек приложения нагрузок, расположенных ниже летней грузовой ватерлинии (ЛГВ): $p = p_{st} + p_w^h$

Для точек приложения нагрузок, расположенных выше ЛГВ:

$$p = p_w^b$$

Распределение нагрузки p по контуру поперечного сечения судна показано на рис. 6.2.1. В скобках даны значения для второго сечения, с звездочкой для мидели.

4.1.7 Определение толщины обшивки днища, бортов, настилов палубы и второго дна

4.1.7.1 Определение толщины днища и бортов по Регистру (п. 1.6.4.4)

$$S = m \cdot a \cdot \sqrt{\frac{k \cdot p}{k_\sigma \cdot \sigma_n}} + \Delta S \quad (5.1.7.1.1)$$

Где $m = 15,8$; $k = 1$; $a = 1$ м – нормальная шпация.

$k_\sigma = 0,6$ – коэффициент изгибающего момента и допускаемых напряжений.

По выбранному материалу определяем значения σ_n :

$$R_{eH} = 315 \text{ Мпа}; \eta = 0,78; \sigma_n = \frac{235}{\eta} = 300 \text{ Мпа.}$$

Значение давления P берем из рис. 6.2.1:

$\Delta S = u(T - 12) \quad (5.1.7.1.2)$ – поправка на коррозионный износ

По Регистру табл. 1.1.5.2 определяем u – среднегодовое уменьшение толщины связи, мм/год.

$u = 0,15$ – для днищевой обшивки.

$u = 0,19$ – для бортовой обшивки.

T – срок эксплуатации судна. В данном проекте принимаем $T = 20$ лет.

$\Delta S = 1,2$ мм – для днищевой обшивки.

$\Delta S = 1,6$ мм – для бортовой обшивки.

Инв. № подл.	Подл. и дата	Инв. № фубл.	Инв. №

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Находим толщину обшивки днища и бортов по формуле (7.1.1) и результаты ведем в табл..1.7.1.1

Табл.4.1.7.1.1: толщина обшивки днища и бортов.

Сечение		-0,25L	0 (мидель)	0,25L
Расчетная толщина	Днище	15,54	15,54	16
	Борт	12,6	12,6	12,8
Принятая толщина	Днище	16	16	16
	Борт	14	14	14

По Регистру минимальная толщина наружной обшивки должна быть :

$$S_{min} = (5,5 + 0,04L) * \sqrt{\eta} = 13,2 \text{ мм}$$

Наша принятая толщина во всех случаях удовлетворяет этому условию.

Для скулового пояса толщина принимается равной толщине обшивки днища или бортов в зависимости от того, что больше :

$$S_{ск} = 16 \text{ мм.}$$

4.1.7.2. Толщина горизонтального киля, по Регистру, должна быть на 2 мм больше толщины обшивки днища.

$$\text{Принимаем } S_{г.к.} = 18 \text{ мм.}$$

Ширина горизонтального киля должна быть не менее определенной по формуле (т1, стр.108, п.2.2.4.4)

$$b_{г.к.} = 800 + 5L, \text{ но не более } 2000 \text{ мм.}$$

$$b_{г.к.} = 800 + 5 * 235 = 1975 \text{ мм. (2.2.4.4)}$$

$$\text{Принимаем } b_{г.к.} = 2000 \text{ мм.}$$

4.1.7.3. Ширстрем.

Ширина ширстрема b_s должна быть не менее определяемой по формуле 2.2.4.4 , при этом b_s не более 2000 мм.

$$b_s = 800 + 5 * 235 = 1975 \text{ мм. Принимаем } b_s = 2000 \text{ мм. } s = 18 \text{ мм}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

4.1.7.4. Определение толщины настила второго дна.

Высота двойного дна должна отвечать требованиям Регистра (п.2.4.4.1)

$$h = \frac{L - 40}{570} + 0,4 \cdot B + 3,5 \cdot \frac{d}{L} \quad (5.1.7.4.1); \text{ но не менее } h_{\min} = 0,65 \text{ м.}$$

$$h = \frac{235 - 40}{570} + 0,4 \cdot 33 + 3,5 \cdot \frac{13,3}{235} = 1,96 \text{ м}$$

Принимаем окончательно высоту двойного дна $h = 2 \text{ м.}$

Толщина настила второго дна определяется по формуле 5.1.7.1.1, при этом :

$$m = 15,8; k_{\sigma} = 0,8; k = 1; a = 1;$$

Нагрузка, действующая на настил второго дна, определяется по формуле 2.2.3-2 (Регистра).

$P = P_r$; где P_r - давление от жидкого груза, определяющее по формуле 1.3.4.2-1 (Регистра)

$$P_r = \rho_r * g * (1 + a_z / g) * z_i, \text{ где}$$

$$\rho_r = 0,85 \text{ т/м}^3 - \text{плотность нефти}$$

$$g = 9,81 - \text{ускорение свободного падения}$$

a_z -суммарное ускорение в вертикальном направлении, от всех видов качки может определяться по формуле:

$$a_z = g * 0,9^{1/3} \sqrt[3]{L} * (1 + k_a)$$

где $k_a = 1,6 * (1 - 2,5 x_1 / L) \geq 0$ в носовой части судна,

$k_a = 0,5 * (1 - 3,33 x_1 / L) \geq 0$ в кормовой части судна;

$k_a = 0,6$ - в носовой части судна,

$k_a = 0,08$ - в кормовой части судна;

$a_z = 9,8 * (0,9^{1/3} \sqrt[3]{235}) * (1 + 0,6) = 2,29$ - в носовой части судна,

$a_z = 9,8 * (0,9^{1/3} \sqrt[3]{235}) * (1 + 0,08) = 1,54$ - в кормовой части судна;

z_i – расстояние от второго дна до ВП ; $z_i = D - h = 17,2 - 2 = 15,2 \text{ м}$

$p_r = 0,85 * 9,8 * (1 + 2,29 / 9,8) * 15,2 = 156 \text{ кПа}$ - в носовой части судна,

$p_r = 0,85 * 9,8 * (1 + 1,54 / 9,8) * 15,2 = 146 \text{ кПа}$ - в кормовой части судна;

По требованиям Регистра минимальное значение P_r должно быть равно

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

$$P_{r,rm} = \rho_r \cdot g \cdot (z_i + 2,5) = 0,85 \cdot 9,81 \cdot (15,2 + 2,5) = 147,6 \text{ кПа.}$$

Окончательно принимаем $P_r = 156$ кПа.

Расчетное давление $P = P_r = 156$ кПа.

$\sigma_n = 300$ МПа.

Подставляем значение в формулу (4.1.7.1.1) имеем :

$$S = 15,8 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{1,156}{0,8 \cdot 300}} = 10,27 \text{ мм.}$$

Для второго дна поправка на износ

$$\Delta S = u(T - 12) = 0,15(20 - 12) = 1,2 \text{ мм.}$$

$$S = 10,27 + 1,2 = 11,47 \text{ мм.}$$

По требованиям Регистра (2.4.4.4.2) минимальная толщина должна быть не менее

$$S_{min} = (5 + 0,035L)\sqrt{\eta} = (5 + 0,035 \cdot 235)\sqrt{0,78} = 11,64 \text{ мм.}$$

Принятая толщина настила второго дна $S = 12$ мм.

4.1.7.5. Определение толщины настила ВП.

Толщина настила ВП так же определяется по формуле 7.1.1, при этом :

$m = 15,8$; $k = 1$; $a = 1$; $k_\sigma = 0,6$ в средней части.

$\sigma_n = 300$ МПа;

Расчетное давление ВП берем из рис.6.2.1

Подставляем в формулу (4.1.7.1.1) получим результаты, сведенные в табл.4.1.7.5.1

Таблица 4.1.7.5.1.

	-0,25L	0 (мидель)	0,25L
$P, \text{ кПа}$	10,8	10,8	17,5
k_σ	0,6	0,6	0,6
$\sigma_n, \text{ МПа}$	300	300	300
$S, \text{ мм}$	3,8	3,8	4,93

<i>Инв. № подл.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Подп. и дата</i>

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>

BKRБ-26.03.02-0096-18

Лист

По Регистру (п.2.6.4.1-5) минимальная толщина настила ВП определяется по формуле :

$S_{min} = (7 + 0,02L)\sqrt{\eta}$ (7.5.1) – для судов длиной более 100 м, и средней части судна.

Таким образом, минимальная толщина настила ВП в средней части

$$S_{min} = (7 + 0,02 \cdot 235)\sqrt{0,78} = 10,3 \text{ мм.}$$

Поправка на коррозионный износ для настила ВП

$$\Delta S = u(T - 12) = 0,8 \text{ мм.}$$

Таблица 4.1.7.2: Толщина настила ВП.

Сечение	-0,25L	0 (мидель)	0,25L
Расчетная толщина.	4,6	4,6	5,73
Принятая толщина.	12	12	12

4.1.8 Выбор распределения поперечного и продольного набора по днищу, бортам и палубам и по переборкам

4.1.8.1 Характер распределения набора корпуса бортов.

В данном проекте рассматриваемое судно имеет двойной борт для того, чтобы обеспечить безопасность окружающей среды от загрязнения нефтепродуктами и для большей сохранности самого судна.

В связи с этим, набор бортов имеет некоторую особенность, а именно в место рамных шпангоутов в межбортовом пространстве установлены вертикальные диафрагмы с вырезами. Диафрагмы имеют протяженность по ширине от наружного борта до обшивки внутреннего борта. Что касается продольного набора, то продольные бортовые стрингеры заменены горизонтальными платформами, так же протяженность по ширине от наружного до внутреннего бортов.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Холостой набор представлен балками из полособульбовой стали и идет только в продольное направление, согласно выбранной системе набора.

4.1.8.2. Характер распределения набора по днищу.

В набор меж донного пространства входит следующие элементы: днищевые стрингеры, вертикальный киль и флоры.

Стрингеры и вертикальный киль – продольные балки набора, а флоры – поперечные перегородки.

Высота вертикального киля определяется высотой двойного дна. Он должен продлен в нос и в корму к штевням и соединяться с ними.

В средней части судна на длине не менее $0,6L$ (141 м) вертикальный киль должен быть непрерывным.

4.1.8.3. Расстановка днищевых стрингеров.

Число днищевых стрингеров с каждого борта в средней части длины судна должно быть не менее определенного по таблице 2.4..2.4.1 – Регистр (стр.115). Из таблицы определяем, что при продольной системе набора для ширины судна $B = 33$ м число днищевых стрингеров с каждого борта равно 3, т.е устанавливаем днищевые стрингеры на отстояние от киля 4.8, 9.6, 13.6 м

4.1.8.4. Расстановка флоров.

Расстановка флоров производится согласно требованиям Регистра (стр116, п.2.4.2.5-2). При продольной системе набора двойного дна сплошные флоры должны установиться через 2 шпации в следующих районах :

В носовой оконечности в районе $0,25L$ (60 м) от носового перпендикуляра.

В машинном отделении .

В районе фундамента под главный двигатель сплошные флоры должны устанавливаться на каждом шпангоуте. Сплошные флоры так же устанавливаются под пиллерсы и под поперечные переборки.

В остальной части сплошные флоры устанавливаются на расстояние 3 м друг от друга, т.е. через 3 шпации.

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подл. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

4.1.8.5. Характер распределения продольного набора по палубе.

Продольный набор палубы состоит из продольных карлингсов, продольных р/ж и поперечных (рамных и холостых) бимсов. Продольный набор для обеспечения общей продольной прочности и местной прочности.

4.1.8.6. Характер распределения набора по поперечным переборкам.

Для подкрепления обшивки плоских поперечных переборок применяем гофрированную систему набора. Такое расположение балок по сравнению с горизонтальным расположением балок экономит массу набора, обуславливает меньшую потерю вместимости танков, уменьшает коррозию набора. Способствует очищению от жидкого груза.

5.1.9 Расчет поперечного и продольного набора по днищу

4.1.9.1. Набор по днищу включает в себя : вертикальный или туннельный киль, днищевые стрингеры, сплошные флоры, подкрепление междудонного листа, р/ж по наружному и второму дну, бракеты, кницы, промежуточные подкрепляющие стойки в междудонном пространстве и т.д.

4.1.9.2. Расчет размеров флоров.

Толщина стенки флоров должна быть не менее определенной по формуле :

$S = \alpha \cdot a \cdot k \sqrt{\eta} + \Delta S$ (5.1.9.2.1); где, $a = 0,023L + 5,8 = 11,2$ – при продольной системе набора ; a – расстояние между р/ж, по требованиям Регистра (п.2.4.2.6) $a \leq 1,5$ м, принять в расчете $a = 1$ м; $k = k_1 \cdot k_2$ – коэффициенты определяющиеся по табл.2.4.4.3-1 и 2.4.4.3-2; при продольной системе набора и соотношении $a_\phi/a = 3$ ($a_\phi = 3$ м – расстояние между сплошными флорами, $a = 1$ м – шпация в средней части судна.) имеем $k_1 = 1,45$; $k_2 = 0,8$ (при продольной системе набора и отсутствии бортовых стрингеров).

Поправка на износ по 6.1.3 $\Delta S = u(T - 12) = 0,2(20 - 12) = 1,6$ мм ; $u = 0,2$ мм/год – среднегодовое уменьшение толщины набора днища (Регистра, табл.1.1.5.2).

Подставляя значения в формулу (5.1.9.2.1) получим :

$$S = 11,2 \cdot 1,145 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{0,78} + 1,6 = 13,1 \text{ мм.}$$

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подл. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Принимаем толщину стенки сплошных флоров $S = 14$ мм.

4.1.9.3. Расчет размеров вертикального киля и днищевых стрингеров.

Высота вертикального киля и днищевых стрингеров определяется высотой второго дна :

$$h_{в.к} = h_{в.д} = 2 \text{ м, согласно п.6.4}$$

По требованиям Регистра (п.2.4.4.1.) толщина вертикального киля и днищевых стрингеров во всех случаях не должна быть меньше определенной по формуле :

$$S = \alpha_k h \cdot \frac{h}{h_\phi} \sqrt{\eta} + \Delta S \quad (9.3.1) ; \text{ где, } h = 2 \text{ м} - \text{ высота вертикального киля} ; h_\phi -$$

фактическая принятая высота второго дна, принимаем $h_\phi = h = 2 \text{ м.}$

$\alpha_k = 0,03L + 8,3 = 0,03 \cdot 235 + 8,3 = 15,4$ но не более 11,2 ; следовательно принять $\alpha_k = 11,2.$

Для вертикального киля $\eta = 0,78.$

Поправка на коррозионный износ $\Delta S = 1,6 \text{ мм}$

Подставляя значения в формулу (5.1.9.3.1) получим :

$$S = 11,2 \cdot 2 \cdot \frac{1,96}{2} \sqrt{0,78} + 1,6 = 20,9 \text{ мм.}$$

Окончательно принять толщину вертикального киля $S = 21 \text{ мм.}$

По требованиям Регистра (п.2.4.4.2) толщина стрингеров должна быть не более толщины вертикального киля и не менее толщины сплошного флора, а толщина вертикального киля на 1мм больше, чем толщина сплошных флоров. В связи с этим требованием принимаем толщину днищевых стрингеров $S_{стр} = 14 \text{ мм.}$

4.1.9.4. Стенки вертикального киля, днищевых стрингеров, сплошных флоров должны подкрепляться вертикальными р/ж, момент сопротивления которых определяется по формуле 1.6.4.1 – 1.6.4.2 (Регистра) :

$$W = W' \cdot w_k ; \quad (5.1.9.4.1)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

где $W' = \frac{Q \cdot l \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n}$ (5.1.9.4.2); $Q = p \cdot a \cdot l$; $a = 0,8$ м – расстояние между р/ж; l – пролет балки принять $l = h_{дв.дн} = 2$ м; P – давление на уровне средины двойного дна.

$$P = g \cdot \rho \cdot z_i = 10 \cdot z_i; \text{ где } z_i = 12,3 \text{ м}; P_{st} = 123 \text{ кПа.}$$

Коэффициенты изгибающего момента по Регистру п.2.4.4.6-1 $m = 10$; $k_\sigma = 0,75$.

$$\sigma_n = \frac{235}{\eta} = 300 \text{ МПа}$$

Подставляя в формулу (5.1.9.4.2) получим :

$$W' = \frac{123 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^3}{10 \cdot 0,75 \cdot 300} = 175 \text{ см}^3.$$

w_k – поправка на износ, определяющаяся по Формуле п.1.1.5.3 (Регистра):

$$w_k = 1 + a_k \cdot \Delta S \quad (5.1.9.4.3); \text{ где } \Delta S = 0,2 \text{ мм/год по табл.1.1.5.2 (Регистра).}$$

$$a_k = 0,07 + \frac{6}{W'} < 0,25 \text{ – при } W' > 200 \text{ см}^3; a_k = 0,07 + \frac{6}{218,6} = 0,098.$$

Подставляя значение в (5.1.9.4.3) получим :

$$w_k = 1 + 0,098 \cdot 0,2 = 1,02.$$

Подставляем W' и w_k в (9.4.1) получим :

$$W = 175 \cdot 1,02 = 178 \text{ см}^3.$$

По сортаменту принимаем полособульб № 16а.

Табл.4.1.9.4.1 : Геометрические характеристики полособульба № 16а.

h, мм	b, мм	S, мм	f, см ²	I _x , см ⁴	W _x , см ³	y ₀ , см
160	36	8	17,94	452,07	147	9,99

По Регистр, п.1.6.3.3 ширина присоединенного пояска определяется по формуле :

$$a_n = \frac{l}{6} = \frac{2000}{6} = 334 \text{ мм} \quad \text{или} \quad a_n = 0,5(a_1 + a_2) = 0,5(1+1) = 1 \text{ м, что меньше.}$$

Следовательно, принимаем $a_n = 350$ мм.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

BKRБ-26.03.02-0096-18

Лист

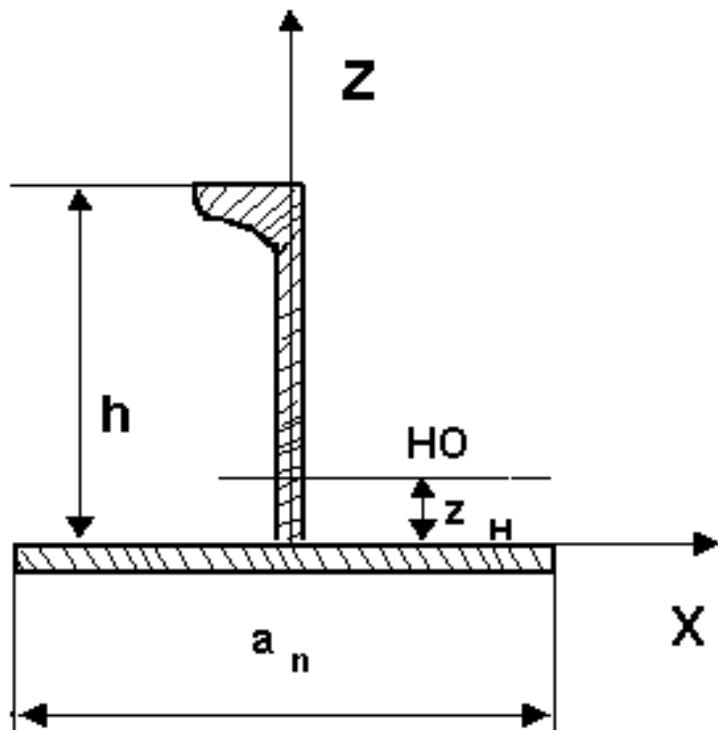


Рис.4.1.9.4.1 : Схема расчета р/ж.

Табл.4.1.9.4.2 : Расчет р/ж с присоединенным поясом.

№	Элементы	кол-во	размер	площадь, f, см ²	Z, см	f.z	f.z ²	I, см ⁴
1	Р/ж		16	17,94	9,99	179,22	1790,41	452,07
2	П.п.		350X14	49	-0,7	-34,30	24,01	23,33
3	Сумма	-	-	66,94	-	144,92	1814,42	475,40

Определяем координату нейтральной оси :

$$Z_H = \frac{\sum f_i \cdot z_i}{\sum f_i} = 212/71,18 = 2,16 \quad (9.4.4)$$

Момент инерции определяется по формуле :

$$I = \sum_i f_i \cdot z_i^2 + \sum_i I_{co6} - (\sum_i f_i) \cdot z_H^2. \quad (9.4.5)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фуб.	Подп. и дата

Лист

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Момент сопротивления будет равен :

$$W = \frac{I}{z_{\max}}. \quad (9.4.6)$$

Результаты представлены в табл.9.4.3.

Табл.4.1.9.4.3

$Z_h, \text{ см}$	2,16
$I, \text{ см}^4$	1976,08
$W, \text{ см}^3$	252,53

4.1.9.5. Расчет балок основного набора по днищу и второму дну.

Момент сопротивления балки определяется по (4.1.9.4.1) и (4.1.9.4.2) при этом:

4.1.9.5.1. Для продольных балок днища : $m = 12$; расчетный пролет балки принять равным расстоянию между флорами $l = 3 \text{ м}$ (в средней части судна); $k_\sigma = 0,65$.

Расчетное давление принято из рис.6.2.1

$$P = 156 \text{ кПа}$$

По формуле 9.4.2:

$$W' = \frac{156 \cdot 0.8 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 10^3}{12 \cdot 0.65 \cdot 300} = 480 \text{ см}^3.$$

По формуле 9.4.3:

$$w_k = 1,02.$$

По формуле 9.4.1 :

$$W = 480 \cdot 1,02 = 490 \text{ см}^3.$$

Из таблицы сортамента выбрать несимметричный полособульб 22а

Табл.4.1.9.5.1.1.: Геометрические характеристики полособульба 22а.

$h, \text{ мм}$	$b, \text{ мм}$	$S, \text{ мм}$	$f, \text{ см}^2$	$I_x, \text{ см}^4$	$W_x, \text{ см}^3$	$y_0, \text{ см}$
220	48	11	32,82	1574,9	345	13,53

<i>Инв. № подл.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Подп. № фубл.</i>	<i>Инв. № фубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

$$\text{Ширина присоединенного пояска } a_{\Pi} = \frac{l}{6} = \frac{300}{6} = 50 \text{ см.}$$

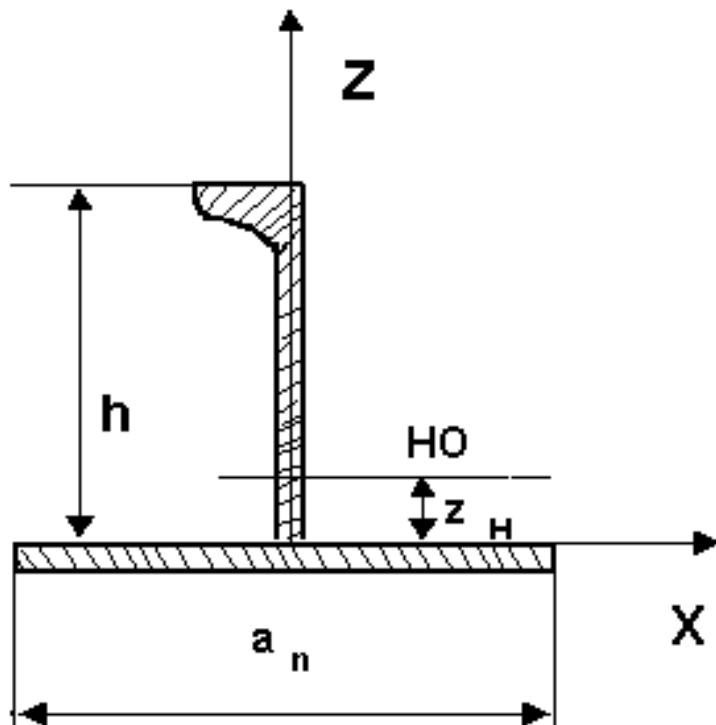


Рис.4.1.9.5.1. Схема расчета.

Табл.4.1.9.5.1.2 : Расчет Р/Ж и присоединенного пояска.

№	Элементы	кол-во	размер	площадь, $f, \text{см}^2$	$Z, \text{см}$	$f.z$	$f.z^2$	$I, \text{см}^3$
1	Р/Ж		22	32,82	13,53	444,05	6008,06	1574,90
2	П.п.		500Х16	80	-0,8	-64,00	51,20	23,33
3	Сумма	-	-	112,82	-	380,05	6059,26	1598,23

Определяем z_H , I , W по формулам 9.4.4, 9.4.5, 9.4.6. Результаты в табл.9.5.1.3.

Табл.4.1.9.5.1.3

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BKRБ-26.03.02-0096-18

$Z_h, \text{ см}$	3,37
$I, \text{ см}^4$	6377,21
$W, \text{ см}^3$	627,60

4.1.9.5.2. Для продольных балок второго дна :

$$m = 12; l = 3 \text{ м}; k_\sigma = 0,75.$$

Расчетное давление : $P = P_{cr} = 156 \text{ кПа} - (\text{Регистр}, \text{п.2.4.4.5}).$

Момент сопротивления (по 8.4.1 – 8.4.2) балки равен :

$$W = \frac{156 \cdot 0,8 \cdot 3,3 \cdot 10^3}{12 \cdot 0,75 \cdot 300} \cdot 1,02 = 424 \text{ см}^3.$$

Из таблицы сортамента выбрать несимметричный полособульб 206.

Табл.4.1.9.5.2.1 : Геометрические характеристики полособульба 206.

$h, \text{ мм}$	$b, \text{ мм}$	$S, \text{ мм}$	$f, \text{ см}^2$	$I_x, \text{ см}^4$	$W_x, \text{ см}^3$	$y_0, \text{ см}$
200	46	12	31,36	1236,1	293	12,06

$$\text{Ширина присоединенного пояска } a_p = \frac{l}{6} = \frac{300}{6} = 50 \text{ см.}$$

Табл.4.1.9.5.2.2 : Расчета р/ж с присоединенного пояска.

№	элементы	кол-во	размер	площадь, $f, \text{ см}^2$	$Z, \text{ см}$	$f.z$	$f.z$	$I, \text{ см}^4$
1	Р/ж		20	31,36	12,06	378,20	4561,11	1236,10
2	П.п.		500X12	60	-0,6	-36,00	21,60	23,33
3	Сумма	-	-	91,36	-	342,20	4582,71	1259,43

Определяем z_h, I, W по формулам 9.4.4, 9.4.5, 9.4.6. Результаты в табл.9.5.2.3.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист

Табл.4.1.9.5.2.3.

$Z_h, \text{ см}$	3,75
$I, \text{ см}^4$	4560,38
$W, \text{ см}^3$	548,49

4.1.9.6. Для доступа к всем частям двойного дна должно предусмотрено необходимое число вырезов на вертикальном киле, днищевых стрингерах и флорах. Их конструктивные элементы следует принять по требованиям Регистра, т1, п.2.4.2.7

4.1.10 Расчет бортового набора

С целью предотвращения от загрязнения нефтепродуктом окружающей среды и в то же время улучшением прочности, на танкерах делают двойной борт. Двойным бортом считается бортовая конструкция, состоящая из наружной и внутренней непроницаемых обшивок, подкрепленных вертикальными диафрагмами и горизонтальными платформами. Диафрагмы и платформы должны подкреплены р/ж. Для доступа к всем частям двойного борта диафрагмы и платформы должны иметь необходимое количество вырезов. При этом суммарная ширина вырезов в одном сечении диафрагмы и платформы не должна больше 0,6 ширины двойного борта.

4.1.10.1.Расчет рамных шпангоутов и бортовых стрингеров в машинном отделении.

В машинном отделении по требованиям Регистра, п.2.5.2.3 должны усиливаться рамными шпангоутами, установившимися на расстояние 3 м друг от друга (т.е через 3 шпации) и бортовыми стрингерами. В машинном отделении также устанавливается платформа на расстояние 7,2 м от ВП, ширина которой равна 4 м.

10.1.1.Для шпангоутов выше платформы.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Момент сопротивления рамных шпангоутов определяется по формуле 4.1.9.4.1 – 4.1.9.4.2.

При этом $m = 11$; $k\sigma = 0,65$; $a = 3 \text{ м}$; $l = 7,2 \text{ м}$ – расстояние между платформой и ВП. $\sigma_n = 300 \text{ МПа}$.

Расчетное давление определяется согласно Регистру, т1, п.2.5.3.

$P = P_w$; при этом значение давления замеряются на уровне середины от платформы до ВП.

$$P_w = 58 \text{ кПа.}$$

Подставляем значения в формулу 5.1.9.4.2 получим :

$$W' = \frac{58 \cdot 3 \cdot 7,2 \cdot 7,2 \cdot 10^3}{11 \cdot 0,65 \cdot 300} = 4200 \text{ см}^3.$$

Поправка на износ по 5.1.9.4.3 имеем $\alpha_k = \frac{1}{0,15} \cdot (0,01 + \frac{1}{W'}) = 0,0684$; для рамных шпангоутов среднегодовое уменьшение толщины $\Delta S = 0,2^{2,3}$ (Регистр, табл.1.1.5.2).

$$w_k = 1 + 0,0721 \cdot 0,2^{2,3} = 1,002.$$

Окончательно имеем момент сопротивления :

$$W = 4200 \cdot 1,002 = 4213 \text{ см}^3.$$

По таблице сортамента принимаем сварной тавр №50а

Табл.10.1.1.1 : Геометрические характеристики.

$h, \text{мм}$	$S, \text{мм}$	$S_1, \text{мм}$	$b, \text{мм}$	$F_0, \text{см}^2$	$I_0, \text{см}^4$	$Z_0, \text{см}$	$W_0, \text{см}^3$
50а	500	12	220	16	95,2	28180	2230

<i>Инв. № подл.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв №</i>	<i>Инв. № фубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>

БКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Присоединенный поясок имеет ширину $a_p = 50$ см.

Табл.10.1.1.2 : Расчет рамных шпангоутов

№	элементы	кол-во	размер	Площадь $f, \text{см}^2$	$z, \text{см}$	$f.z$	$f.z^2$	$I, \text{см}^4$
1	Стенка		500x12	95,2	34,5	3284,40	113311,80	28180,00
2	Поясок		220x16					
3	П.п.		2500x12	300	-0,6	-180,00	108,00	23,33
4	Сумма		-	395,2	-	3104,40	113419,80	28203,33

Определяем z_h , I , W по формулам 5.1.9.4.4, 5.1.9.4.5, 5.1.9.4.6. Результаты в табл.10.2.1.3.

Табл. 10.1.1.3.:

$Z_h, \text{см}$	7,86
$I, \text{см}^4$	117237,25
$W, \text{см}^3$	4400,02

10.1.2 Для шпангоутов ниже платформы.

Для определения момент сопротивления рамных шпангоутов ниже платформы имеем следующие коэффициенты : $m = 11$; $a = 3$; $l = 8$ м;

Расчетное давление замеряется на уровне середины от настила второго дна до платформы :

$$P = 117 \text{ кПа.}$$

Подставляем значения в формул 8.4.2 получим момент сопротивления без учета износа:

$$W' = \frac{117 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 10^3}{11 \cdot 300 \cdot 0,65} = 10470 \text{ см}^3.$$

Учитываем поправку на износ имеем по 5.1.9.4.1 :

$$W = W' \cdot w_k = 10470 \cdot 1,002 = 10500 \text{ см}^3.$$

<i>Инв. № подл.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Подп. и дата</i>

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Лист</i>

По таблице сортамента принимаем сварной тавр № 63б. Момент сопротивления с присоединенным пояском имеет ширину $a_n = 65$ см, которого равен 11516 см^3

10.1.3. Расчет бортовых стрингеров в машинном отделении.

Согласно требованиям Регистр, п.2.5.2.3, бортовые стрингеры в машинном отделении должны вставляться. В нашем случае ниже платформы бортовые стрингеры расположены на расстояние 4 м от платформы. Момент сопротивления определяется по формуле 5.1.9.4.1 – 5.19.4.2, при этом $m = 18$ – отсутствии распорок; $l = 4 \text{ м}$; $\sigma_n = 300 \text{ МПа}$; $k_\sigma = 0,65$.

Расчетное давление равно $P = 117 \text{ кПа}$. Подставляем эти значения в формулы 4.1.9.4.1 – 4.1.9.4.2 получим :

$$W' = \frac{117 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 10^3}{18 \cdot 300 \cdot 0,65} = 1200 \text{ см}^3.$$

С учетом поправки на износ имеем :

$$W' = 1200 \cdot 1,002 = 1202 \text{ см}^3.$$

По таблице сортамента принимаем сварной тавр № 36б.

Табл.10.1.3.1 : Геометрические характеристики.

$h, \text{ мм}$	$S, \text{ мм}$	$S1, \text{ мм}$	$b, \text{ мм}$	$F_0, \text{ см}^2$	$I_0, \text{ см}^4$	$Z_0, \text{ см}$	$W_0, \text{ см}^3$
360	10	14	200	64	9395	26,2	1200

Табл.10.1.3.2 : К расчету бортового стрингера.

№	элементы	кол-во	размер	Площадь, $F, \text{ см}^2$	$Z, \text{ см}$	$f.z$	$f.z^2$	$I, \text{ см}^4$
1	Стенка		360x10	64	26,2	1676,8	43932,16	9395
2	Поясок		200x14					
3	П.п.		500x18		-0,9	-81	72,9	24,30
4	Сумма		-	154	-	1595,8	44005,06	9413,30

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №	Инв. № фубл.	Подл. и дата
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Лист

VKRB-26.03.02-0096-18

Изм.	Лист	№ докум.	Подл.	Дата
---------------	---------------	-------------------	----------------	---------------

Определяем Z_h , I , W по формулам 9.4.4, 9.4.5, 9.4.6. Результаты в табл. 10.1.3.3.

Табл. 10.1.3.3.

$Z_h, \text{ см}$	10,36
$I, \text{ см}^4$	36888,14
$W, \text{ см}^3$	1438,70

4.1.10.2. Расчет вертикальных диафрагм и горизонтальных платформ.

10.2.1. Расчет вертикальных диафрагм

Момент сопротивления определяется по формуле 9.4.2 при этом : $m = 11$;
 $l = 4\text{м}$; $k_\sigma = 0,65$; $\sigma_n = 300 \text{ МПа}$.

Расчетное давление замеряется из рис. 6.2.1 имеем: $P = P_{st} + P_w$; $P_{st} = 56,6 \text{ кПа}$
 $; P_w = 25 \text{ кПа}$.

$$P = 25 + 56,5 = 81,5 \text{ кПа.}$$

Подставляем значения в формулу 9.4.2 получим :

$$W' = \frac{81,5 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 10^3}{11 \cdot 0,65 \cdot 300} = 1216 \text{ см}^3.$$

С учетом износа получим :

$$W = W' \cdot w_k = 1216 \cdot 1,02 = 1240 \text{ см}^3.$$

По Регистру п. 2.5.4.8 минимальная толщина диафрагмы должна быть не менее определенной по формуле:

$$S_{min} = 0,018 \cdot L + 6,2 = 0,018 \cdot 235 + 6,2 = 10,24 \text{ мм.}$$

Применяем $S = 11 \text{ мм}$, тогда получаем момент сопротивления равен :

$$W = \frac{S \cdot b^2}{6} = \frac{11 \cdot 10^{-1} \cdot (2 \cdot 10^2)^2}{6} = 7300 \text{ см}^3, \quad \text{что больше требуемого момента}$$

сопротивления по Регистру.

Площадь поперечного сечения диафрагмы равна :

$$f = S \cdot b = 11 \cdot 10^{-1} \cdot 2 \cdot 10^2 = 220 \text{ см}^2.$$

10.2.2. Расчет горизонтальных платформ.

Момент сопротивления определяется по формулам 9.4.1 – 9.4.2 при этом

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подл. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

$l = 3$ м – пролет, расстояние между диафрагмами; $a = 4$ м – расстояние между платформами; $m = 18$ – при отсутствии распорок; $\sigma_n = 300$ МПа

Расчетное давление определяется по 10.3.1 равно :

$$P = 81,5 \text{ МПа.}$$

Подставляем значения в формулу 9.4.2 получим :

$$W' = \frac{81,5 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 10^3}{18 \cdot 300 \cdot 0,65} = 1114 \text{ см}^3.$$

С учетом износа получим требуемый момент сопротивления :

$$W = 1114 \cdot 1,002 = 1117 \text{ см}^3.$$

Как и вертикальные диафрагмы толщина горизонтальных платформ должна быть не менее определенной по Регистру. Принять толщину платформы равной $S = 11$ мм, тогда момент сопротивления равен :

$$W = \frac{S \cdot b^2}{6} = \frac{11 \cdot 10^{-1} \cdot (2 \cdot 10^2)^2}{6} = 7300 \text{ см}^3, \quad \text{что больше требуемого момента}$$

сопротивления по Регистру.

10.2.3. Расчет продольных балок по борту.

Момент сопротивления определяется по формуле 9.4.1 – 9.4.2. По требованиям Регистра имеем следующие коэффициенты : $l = 3$ м – расстояние между диафрагмами; $a = 0,8$ м – расстояния между продольными балками; $m = 12$; $\sigma_n = 300$ МПа.

Расчетное давление принимаем также как при расчете диафрагмы и платформы : $P = 81,5$ МПа.

После подстановки в формулу 9.4.1 – 9.4.2 получим :

$$W' = \frac{81,5 \cdot 0,8 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 10^3}{12 \cdot 0,65 \cdot 300} = 250,4 \text{ см}^3.$$

Определяем момент сопротивления с учетом износа :

$$W = W' \cdot w_k = 250,4 \cdot 1,002 = 251 \text{ см}^3.$$

По сортаменту принимаем полособульб № 18а.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Табл.10.2.3.1 : Геометрические характеристики полособульбы № 18а.

h, мм	b, мм	S, мм	f, см ²	I _x , см ⁴	W _x , см ³	y ₀ , см
180	40	9	22,18	712,53	200	11,13

Ширина присоединенного пояска принимаем равной a_п = 50 см.

Табл.10.2.3.2 : К расчету р/ж.

№	элементы	кол-во	размер	Площадь f, см ²	z, см	f.z	f.z ²	I, см ⁴
1	P/ж	500X14	18	22,18	11,13	246,86	2747,59	712,53
2	П.п.		70	-0,7	-49,00	34,30	11,4	
3	Сумма		-	92,18	-	197,86	2781,89	735,86

Определяем z_H, I, W по формулам 9.4.4, 9.4.5, 9.4.6.Результаты в табл.10.3.3.3.

Табл.10.2.3.3. (полособульба № 18а применяется)

Z, см	2,15
I, см ⁴	3093,04
W, см ³	344,30

10.2.4.Расчет внутреннего борта.

Толщина обшивки внутреннего борта определяется по Регистру п.2.5.4.10.

$$S = m.a.k \sqrt{\frac{P}{k_{\sigma} \cdot \sigma_n}} + \Delta S \quad (10.3.4.1).$$

При этом m = 15,8; k_σ = 0,9; k = 1; σ_n = 300 МПа

a = 1 – нормальная шпация в средней части судна.

Расчетное давление определяется согласно Регистру п.2.7.3.1.

P = α.z_n; где, α = 7,5; z_n – отстояние от приложенной точки расчета до ВП, для расчета принимаем на уровне середины от второго дна до ВП z_n = 7,6 м.

Следовательно, расчетное давление P = 7,5.7,6 = 57 кПа.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист

Поставим в формулу 10.3.4.1 получим толщину без учета износа :

$$S = 15,8 \cdot 1,1 \cdot \sqrt{\frac{57}{0,9 \cdot 300}} = 7,5 \text{ мм.}$$

Поправка на износ определяется по формуле 6.1.3 :

$$\Delta S = u(T - 12) = 0,19(20 - 12) = 1,52 \text{ мм.}$$

Таким образом, с учетом износа имеем :

$$S = 7,5 + 1,52 = 9,02 \text{ мм.}$$

По требованиям Регистра толщина не должна меньше определенной по формуле п.2.7.4.1 :

$$S = 4 + 0,02L = 4 + 0,02 \cdot 235 = 8,7 \text{ мм.}$$

Окончательно принимаем $S = 10 \text{ мм.}$

4.1.11 Расчет набора палубы

4.11.1. Набор палубы содержит следующие элементы : Для набора палубы не вставим карлингсы, для усиления набора установим рамные бимсы, продольные балки по палубе, подкрепляющие элементы машинной шахты. Их расположение и расчет вести согласно требованиям Регистра.

4.11.2. Расчет рамных бимсов.

Согласно требованиям Регистра, п.2.6.4.6, момент сопротивления рамных бимсов не должен мене определенной по формуле 5.9.4.1 – 5.9.4.2. При этом : $m = 10$; $a = 3 \text{ м}$ – расстояние между рамными бимсами; $l = 14,5 \text{ м}$ – пролет, равный расстояние между бортом и продольной переборкой; $\sigma_n = 300 \text{ МПа}$; $k_\sigma = 0,65$.

Расчетное давление согласно рис.5.6.2.1 равно :

$$P = 17,5 \text{ кПа.}$$

Подстановка в формулу 5.9.4.2 получим :

$$W' = \frac{17,5 \cdot 3 \cdot 14,5 \cdot 14,5 \cdot 10^3}{10 \cdot 300 \cdot 0,65} = 5660 \text{ см}^3.$$

С учетом износа получим :

$$W = W' \cdot w_k = 5660 \cdot 1,004 = 5683 \text{ см}^3.$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Из таблицы сортамента принимаем сварной тавр № 56а.

Табл.4.11.2.1 : Геометрические характеристики.

h, мм	S, мм	b, мм	S1, мм	F ₀ , см ²	I ₀ , см ⁴	z ₀ , см	W, см ³
560	14	250	18	123,4	44370	38,5	3180

$$\text{Ширина присоединенного пояска } a_n = \frac{l}{6} = \frac{1450}{6} = 241,6 \text{ см.}$$

$$a_n = 0,5(a_1 + a_2) = 300 \text{ см}$$

Принимаем $a_n = 242$ см.

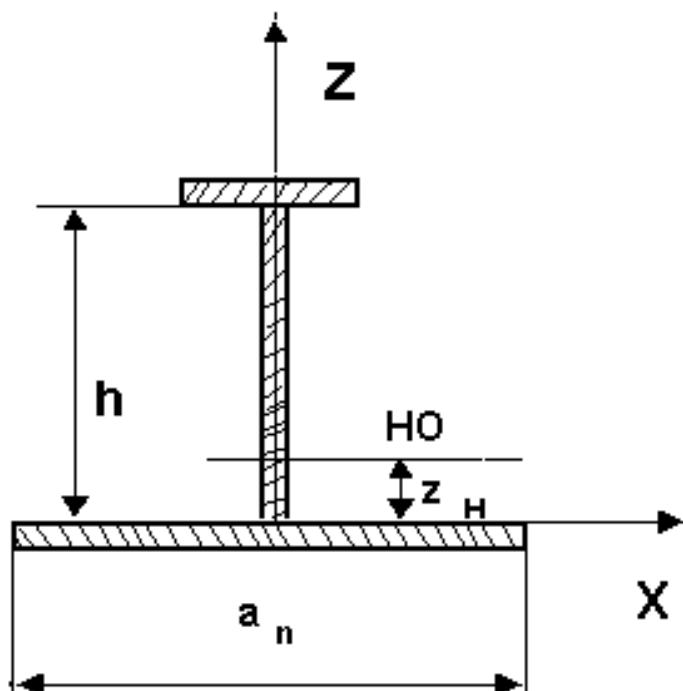


Рис.5.11.2.1 : Схема расчета бимса.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Табл.4.11.2.2 : Расчет рамных бимсов.

№	элементы	кол-во	размер	Площадь F, см ²	Z, см	f.z	f.z ²	I, см ⁴
1	Стенка		560x14	123,4	38,5	4750,90	182909,65	44370,00
2	Поясок		250x18					
3	П.п.		2420X12		-0,6	-174,24	104,54	23,33
4	Сумма		-	413,8	-	4576,66	183014,19	44393,33

Определяем z_h, I, W по формулам 9.4.4, 9.4.5, 9.4.6. Результаты в табл.11.2.3.

Табл.4.11.2.3:

Z _h , см	11,06
I, см ⁴	176789,31
W, см ³	6442,78

4.11.3.Расчет консольных бимсов по платформе в машинном отделении.

Момент сопротивления определяется по формуле 9.4.1 – 9.4.2. При этом : m = 10; l = 4м – пролет, равный ширине платформы; σ_n = 300 МПа; k_σ = 0,65.

Расчетное давление согласно Регистр, п.2.6.3.2. равно :

$$P = P_{\min} + P_{\text{исп.}}$$

При этом P_{min} = 10,5 кПа ; P_{исп} = 7,5.h_и ; где h_и = 7 м – отстояние от платформы до воздушной трубы; P_{исп} = 7,5.7,2 = 54 кПа.

$$P = 10,5 + 54 = 64,5 \text{ кПа.}$$

После подстановки в формулы 9.4.2 получим :

$$W' = \frac{64,5 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 10^3}{10 \cdot 300 \cdot 0,65} = 1588 \text{ см}^3.$$

С учетом поправки на износ имеем :

$$W = W' \cdot w_k = 1588 \cdot 1,004 = 1594 \text{ см}^3.$$

Изм. № подл.	Подл. и дата	Взам. изв №	Инв. № фубл.	Подл. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист

Из таблицы сортамента принимаем сварной тавр № 40б.

Табл.4.11.3.1 : Геометрические характеристики.

H, мм	S, мм	b, мм	S1, мм	F ₀ , см ²	I ₀ , см ⁴	z ₀ , см	W, см ³
400	12	220	16	83,2	15180	28,8	1690

$$\text{Ширина присоединенного пояска } a_n = \frac{l}{6} = \frac{450}{6} = 75 \text{ см.}$$

Табл.4.11.3.2 : Расчет консольных бимсов.

№	элемент ы	кол-во	размер	Площадь f, см ²	z, см	f.z	f.z ²	I, см ⁴
1	Стенка		400x12	83,2	28,8	2396,16	69009,41	15180,00
2			220x16					
3			750x12	90	-0,6	-54,00	32,40	23,33
4	Сумма		-	173,2	-	2342,16	69041,81	15203,33

Определяем z_H, I, W по формулам 9.4.4, 9.4.5,.9.4.6. Результаты в табл.11.3.3.

Табл.4.11.3.3 :

Z _H , см	13,52
I, см ⁴	52572,43
W, см ³	3441,25

Тавр № 40б принимается

4.11.4.Расчет продольных подпалубных балок.

Расчет следует вести по Регистру, п.2.6.4.2. При этом m = 12; a = 0,8 м – расстояние между балками; l = 3 м – пролет, равный расстояние между рамными бимсами; σ_n = 300 Мпа; k_σ = 0,65.

Расчетное давление по 6.2.1 равен :

$$P = 17,5 \text{ кПа.}$$

Поставим в формулу 9.4.2 получим :

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. изв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист

$$W' = \frac{17,5 \cdot 0,8 \cdot 3,3 \cdot 10^3}{12 \cdot 300 \cdot 0,65} = 67,3 \text{ см}^3.$$

С учетом износа имеем :

$$W = W' \cdot w_k = 67,3 \cdot 1,004 = 68 \text{ см}^3.$$

Из таблицы сортамента принимаем полособульб № 14а, момент сопротивления с пояском которого равен 100 см³

Табл.4.11.4.1 : Геометрические характеристики.

H, мм	b, мм	S, мм	f, см ²	I, см ⁴	W, см ³	z, см
140	33	7	14,05	271,51	100	8,82

4.11.4. Расчет карлинсов.

Момент сопротивления определяется по формуле 5.1.9.4.1 –5.1. 9.4.2. При этом : m = 10; l = 3м – пролет, равный ширине платформы; σ_n = 300 Мпа; k_σ = 0,65.

Расчетное давление согласно Регистр, т1, п.2.6.3.2. равно :

$$P = 17,5 \text{ кПа}$$

После подстановки в формулы 5.1.9.4.2 получим :

$$W' = \frac{17,5 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 10^3}{10 \cdot 300 \cdot 0,65} = 1430 \text{ см}^3.$$

С учетом поправки на износ имеем :

$$W = W' \cdot w_k = 1430 \cdot 1,004 = 1433 \text{ см}^3.$$

Из таблицы сортамента принимаем сварной тавр № 40б.

Табл.4.11.4.1 : Геометрические характеристики.

H, мм	S, мм	b, мм	S1, мм	F ₀ , см ²	I ₀ , см ⁴	z ₀ , см	W, см ³
400	12	220	16	83,2	15180	28,8	1690

$$\text{Ширина присоединенного пояска } a_n = \frac{l}{6} = \frac{450}{6} = 75 \text{ см.}$$

<i>Инв. № подл.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Инв. № фубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>

Табл.4.11.4.2 : Расчет консольных бимсов.

№	элементы	кол-во	размер	Площадь $f, \text{см}^2$	$z, \text{см}$	$f.z$	$f.z^2$	$I, \text{см}^4$
1	Стенка		400x12	83,2	28,8	2396,16	69009,41	15180,00
2			220x16					
3			750x12	90	-0,6	-54,00	32,40	23,33
4	Сумма		-	173,2	-	2342,16	69041,81	15203,33

Определяем z_h , I , W по формулам 9.4.4, 9.4.5, 9.4.6. Результаты в табл.11.4.3.

Табл.4.11.4.3 :

$Z_h, \text{см}$	13,52
$I, \text{см}^4$	52572,43
$W, \text{см}^3$	3441,25

Принимается тавр 56а, равняется рамному бимсу

4.1.12 Расчет набора и обшивки поперечных и продольных переборок

4.12.1. В данном проекте применяем для танкера 10 поперечных и 1 продольную водонепроницаемых плоских переборок. По Регистру, для судна с длиной более 180 м гофрированная продольная переборка не применяется. Так как поставим, для продольной переборки, простую систему набора с вертикальными стойками и горизонтальными балками. Концы стоек и балок укрепляют кницами, конструктивные размеры которых определяются согласно требованиям Регистра.

Поперечные переборки поставим как обычно гофрированную систему набора

4.12.2. Расчет продольной переборки.

4.12.2.1. Толщина переборки.

Толщина переборки определяется по Регистру, п.2.7.4.1.

Используем для определения формулу 6.1.1. При этом входящие коэффициенты имеют следующие значения : $m = 15,8$; $k_o = 0,9$; $\sigma_n = 300 \text{ Мпа}$;

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подл. и дата

Лист

БКРБ-26.03.02-0096-18

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

$$k = 1; a = 0,8$$

Расчетное давление, действующее на поперечную переборку, определяется по Регистру, п.2.7.3

$P = \alpha \cdot Z_n$ – где, $\alpha = 10$ – для пиковых переборок; $\alpha = 7,5$ – для остальных.

$Z_n = 7,6$ м – отстояние от расчетной точки до ВП, в нашем случае принимать точку на середине от второго дна до ВП.

$$P = 7,5 \cdot 7,6 = 57 \text{ кПа.}$$

Подставляем в формулу 9.3.4.1 получим толщину :

$$S = 15,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{57}{0,9 \cdot 300}} = 7,3 \text{ мм.}$$

Поправка на износ для переборок, равна $\Delta S = 1,52$ мм.

Таким образом, расчетная толщина переборок :

$$S = 7,3 + 1,52 = 8,82 \text{ мм.}$$

Согласно Регистру п.2.7.4.1 минимальная толщина обшивки переборок должна равна $S_{min} = 6,7 + 0,02 \cdot L = 6,7 + 0,02 \cdot 235 = 11,4$ мм.

Окончательно, принимаем для всех поперечных переборок толщину $S = 12$ мм.

4.12.2. Расчет балок, подкрепленных продольной переборки.

Момент сопротивления определяется согласно Регистру, п.2.7.4.2.

Для вертикальных стоек имеем следующие значения коэффициентов :

$m = 12$ – табл.2.7.4.2; $k_\sigma = 0,75$; $\sigma_n = 300$ Мпа; $l = 15,2$ м – пролет балки, расстояние между палубой и вторым дном; $a = 3$ м – расстояние между стойками.

Расчетное давление согласно п.11.2.1 $P = 57$ кПа – для балок в средней части судна.

После подстановки в формулу 9.4.2 получим :

$$W' = \frac{57 \cdot 3 \cdot 15,2 \cdot 15,2 \cdot 10^3}{12 \cdot 300 \cdot 0,75} = 12630 \text{ см}^3.$$

Поправка на износ определяется по формуле 9.4.3

$$\omega_k = 1 + \alpha_k \cdot \Delta S; \text{ где } \Delta S = 0,2^2 = 0,04 - \text{табл.1.1.5.2} - \text{Регистра.}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

$$\alpha_k = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{W'} \right) = 0,075 .$$

$$\omega_k = 1 + 0,075 \cdot 0,04 = 1,003 .$$

Таким образом, с учетом износа имеем момент сопротивления вертикальных стоек :

$$W = W \cdot w_k = 12630 \cdot 1,003 = 12670 \text{ см}^3 .$$

Из таблицы сортамента выбираем тавр № 80б.

Табл.12.2.1 : Геометрические характеристики.

H, мм	S, мм	b, мм	S1, мм	F ₀ , см ²	I ₀ , см ⁴	Z ₀ , см	W, см ³
800	22	450	26	293	213700	56,5	11500

$$\text{Ширина присоединенного пояска } a_n = \frac{l}{6} = \frac{1520}{6} = 250 \text{ см.}$$

$$a_{\pi} = 0,5(a_1 + a_2) = 300 \text{ см}$$

Принимаем a_π = 250 см.

Табл.12.2.2 : Расчет рамных бимсов.

№	элементы	кол-во	размер	Площадь F, см ²	Z, см	f.z	f.z ²	I, см ⁴
1	Стенка		800x22	293	56,5	16554,50	935329,25	213700,00
2	Поясок		250x26					
3	П.п.		2500x12		300	-0,6	-180,00	108,00
4	Сумма		-	593	-	16374,50	935437,25	213723,33

Определяем z_H, I, W по формулам 9.4.4, 9.4.5, 9.4.6. Результаты в табл.12.2.3.

Табл.12.2.3:

Z _H , см	27,61
I, см ⁴	697011,76
W, см ³	24128,90

Так как тавр № 80б принимается

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. изв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

BKRБ-26.03.02-0096-18

Лист

Для продольных р/жс продольной переборки имеем следующие значения коэффициентов : $m = 12$ – табл.2.7.4.2; $k_\sigma = 0,75$; $\sigma_n = 300$ Мпа; $l = 3$ м – пролет балки; $a = 0,8$ м – расстояние между ребордескостью

Расчетное давление согласно п.11.2.1 $P = 57$ кПа – для балок в средней части судна.

После подстановки в формулу 9.4.2 получим :

$$W' = \frac{57 \cdot 0,8 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 10^3}{12 \cdot 300 \cdot 0,75} = 152 \text{ см}^3.$$

Поправка на износ определяется по формуле 9.4.3

$\omega_k = 1 + \alpha_k \cdot \Delta S$; где $\Delta S = 0,2^2 = 0,04$ - табл.1.1.5.2 – Регистра.

$$\alpha_k = \frac{1}{0,15} \left(0,01 + \frac{1}{W'} \right) = 0,075.$$

$$\omega_k = 1 + 0,075 \cdot 0,04 = 1,003.$$

Таким образом, с учетом износа имеем момент сопротивления набора продольной переборки:

$$W = W \cdot \omega_k = 152 \cdot 1,003 = 153 \text{ см}^3.$$

Из таблицы сортамента выбираем полособульб № 18а.

Табл.12.2.2.1 : Геометрические характеристики.

H, мм	b, мм	S, мм	f, см ²	I, см ⁴	W, см ³	Z, см
180	40	9	22,18	712,53	200	11,13

Ширина присоединенного пояска $a_n = \frac{l}{6} = \frac{300}{6} = 500$ см. Принимаем $a_n = 500$ мм.

Табл.12.2.2.2 : Расчет стоек.

№	элементы	кол-во	размер	Площадь f, см ²	z, см	f.z	f.z ²	I, см ⁴
1	Стойка	500X12	18	22,18	11,13	246,86	2747,59	712,53
2	П.п.		60	-0,6	-50,40	30,24	11,4	
3	Сумма		-	106,18	-	196,46	2777,83	735,86

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подл. и дата	БКРБ-26.03.02-0096-18				Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подл.	Дата					

Определяем z_h , I , W по формулам 9.4.4, 9.4.5, 9.4.6.

Результаты в табл. 12.2.2.3.

Табл. 12.2.2.3 :

Z_h , см	1,85
I , см ⁴	3150,18
W , см ³	339,47

Полособульба 18а принимается

4.12.2.3. Расчет горизонтальной рамы продольной переборки.

Расчет производится на основе требований Регистр, п. 2.7.4.3. При этом : $m = 18$ – табл. 2.7.4.3-2; $l = 14,5$ м – пролет рамы, равный расстоянию от внутреннего борта до продольной переборки; $\sigma_n = 300$ Мпа; $k_\sigma = 0,75$; $a = 1$ м – расстояние между вертикальными стойками.

Расчетное давление определяется по 12.2.1.

$P_v = 7,5 \cdot 3,2 = 24$ кПа – для верхнего шельфа.

$P_{cp} = 7,5 \cdot 7,2 = 54$ кПа – для среднего шельфа.

$P_h = 7,5 \cdot 11,2 = 84$ кПа – для нижнего шельфа.

Подставляем в формулу 8.4.2 получим :

$$W'_e = \frac{24 \cdot 1 \cdot 14,5 \cdot 14,5 \cdot 10^3}{18 \cdot 300 \cdot 0,75} = 1245,9 \text{ см}^3.$$

$$W'_e = \frac{54 \cdot 1 \cdot 14,5 \cdot 14,5 \cdot 10^3}{18 \cdot 300 \cdot 0,75} = 2803,3$$

$$W'_e = \frac{84 \cdot 1 \cdot 14,5 \cdot 14,5 \cdot 10^3}{18 \cdot 300 \cdot 0,75} = 4360,7 \text{ см}^3$$

С учетом износа полуим :

$$W_e = \omega_k \cdot W' = 1,003 \cdot 1245,9 = 1249,6 \text{ см}^3.$$

$$W_e = \omega_k \cdot W' = 1,003 \cdot 2803,3 = 2811,7 \text{ см}^3$$

$$W_h = \omega_k \cdot W' = 1,003 \cdot 4360,7 = 4373,8 \text{ см}^3$$

Из таблицы сортамента выбираем для верхнего шельфа сварной тавр № 32а, среднего № 40б, а для нижнего – № 50а.

Инв. № подл.	Подл. и дата	Инв. № подл.	Подл. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Табл.12.2.3.1 : Геометрические характеристики.

Nº	h, MM	S, MM	b, MM	S1,MM	F ₀ , CM ²	I ₀ , CM ⁴	W, CM ³	z ₀ , CM
32a	320	8	140	14	45,2	5280	743	23,2
40б	400	12	220	16	83,2	15180	1690	28,8
50a	500	12	220	16	95,2	28180	2230	34,5

Ширина присоединенного пояска $a_n = \frac{l}{6} = \frac{1450}{6} = 242$ см.

Принят $a_{\Delta} = 250$ см

Табл.12.2.3.2 : Расчет верхнего шельфа.

№	элементы	кол-во	размер	Площадь f, см ²	z, см	f.z	f.z ²	I, см ⁴
1	Стенка		320x8	45,2	23,2	1048,64	24328,45	5280,00
2	Поясок		140x14					
3	П.п.		2500x12	300	-0,6	-180,00	108,00	53,6
4	Сумма		-	345,2	-	868,64	24436,45	5303,33

Определяем z_H , I , W по формулам 5.9.4.4, 5.9.4.5, 5.9.4.6. Результаты в табл.12.2.3.3.

Табл. 12.2.3.3 :

Z _H , cm	2,52
I, cm ⁴	27553,99
W, cm ³	1332,16

Табл.12.2.3.4 : Расчет среднего шельфа

№	элементы	кол-во	размер	Площадь f, см ²	z, см	f.z	f.z ²	I, см ⁴
1	Стенка		400x12	83,2	28,8	2396,16	69009,41	15180,00
2	Поясок		220x16					
3	П.п.		2500x12	300	-0,6	-180,00	108,00	53,6
4	Сумма		-	383,2	-	2216,16	69117,41	15203,33

Определяем z_H, I, W по формулам 9.4.4, 9.4.5, 9.4.6.

Результаты в табл.12.2.3.5.

Табл.12.2.3.5:

Z _H , см	5,78
I, см ⁴	71504,02
W, см ³	3106,61

Табл.12.2.3.6 : Расчет нижнего шельфа.

№	элементы	кол-во	размер	Площадь f, см ²	z, см	f.z	f.z ²	I, см ⁴
1	Стенка		500x12	95,2	34,5	3284,40	113311,80	28180,00
2	Поясок		220x16					
3	П.п.		2500x12	300	-0,6	-180,00	108,00	23,33
4	Сумма		-	395,2	-	3104,40	113419,80	28203,33

Определяем z_H, I, W по формулам 9.4.4, 9.4.5, 9.4.6. Результаты в табл.12.2.3.7.

Табл.12.2.3.7:

Z _H , см	7,86
I, см ⁴	117237,25
W, см ³	4400,02

Так как тавры № 32а, среднего № 40б, а для нижнего – № 50а применяются

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	БКРБ-26.03.02-0096-18	Лист

4.12.3. Расчет набора поперечной переборки.

12.3.1. Расчет размеров и выбор поперечных переборок.

Общее число поперечных водонепроницаемых переборок, включая переборки форпика и ахтерпика, должно быть не менее указанного в таблице 2.7.1.3 – Российского Регистра. Но, как правило, расстояние между переборками не должно превышать 30 м.

По конструктивным и технологическим особенностям на данном судне устанавливаем 10 переборок, доходящих до верхней палубы.

Расчётное давление на конструкции полностью заполненных отсеков определяется по следующей формуле:

$p_r = \rho_r * g * (1 + a_z/g) * z_i$, где суммарное ускорение в вертикальном направлении a_z , от всех видов качки может определяться по формуле:

$$a_z = g * 0,9^{1/3} \sqrt{L} * (1 + k_a)$$

где $k_a = 1,6 * (1 - 2,5 x_1/L) \geq 0$ $k_a = 0,6$ $\rho_r = 0,85 \text{ т}/\text{м}^3$

$$a_z = 9,8 * 0,9^{1/3} \sqrt{235 * (1 + 0,6)} = 0,89$$

$$p_r = 0,85 * 9,8 * (1 + 0,89/9,8) * 13,3 = 128 \text{ кПа}$$

Толщина коробчатых гофров должна определяться по формуле (1.6.4.4-Регистра РФ), принимая a равной большей из величин b и с рис.1.6.4.5 Регистр

$$s = m * a * k * \sqrt{(p/k_\sigma * \sigma_n) + \Delta s}, \text{ где}$$

$$k = 1,2 - 0,5 * a/b \leq 1$$

a и b – меньшая и большая стороны опорного контура листового элемента ($a \times b = 1,2 \times 15,2$). $K = 1,2 - 0,5 * 1,2 / 15,2 = 1,16$, принят равно 1; $m = 15,8$; $k_\sigma = 0,8$

$$s = 15,8 * 1,2 * 1 * \sqrt{(128 / 0,8 * 300) + 2,4} = 16 \text{ мм}$$

Принимаем толщину гофрированных переборок при $b = 1,6 \text{ м}$:

$$s = 16 \text{ мм}$$

Также на судне устанавливается гофрированная продольная переборка в диаметральной плоскости, на протяжении всего судна от форпиковой переборки

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

до переборки машинного отделения. По требованию Регистра конструкция продольной переборки принимается такой же, как и у поперечной.

Окончательно принимаем гофрированную переборку, коробчатого типа со следующими характеристиками:

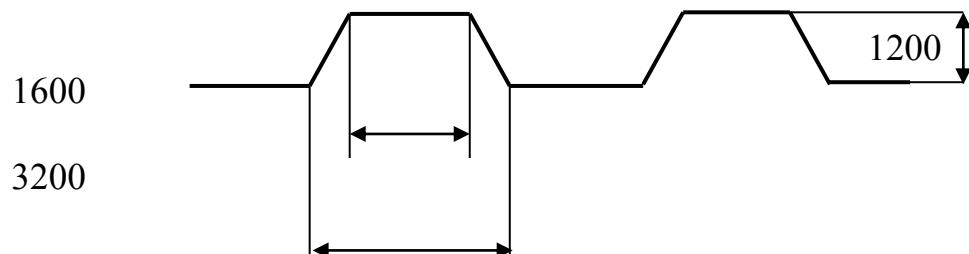


Рис. 4.12.3.1 Сечение поперечных переборок

Рамные горизонтальные шельфы принимаем, как и у продольных переборок.

4.1.13 Расчет книц

4.13.1. Назначение книц.

В судовых конструкциях кницы выполняет ряд функций :

- Уменьшают концентрации напряжений в местах соединения связей.
- Передает реакции с холостого набора на рамные.
- Создают заделку балок на опоре.
- Усиливают опорное сечение балки.

4.13.2. Типы кницы.

По конструктивному типу различают приставные и встроенные кницы. В свою очередь приставные кницы подразделяются на по форме треугольные равнобокий и неравнобокие с прямым углом между катетами, треугольные равнобокие и неравнобокие с углом между катетами, а также трапециевидные кницы. Свободная кромка книц может иметь прямую форму или с фланцем.

4.13.3. Применение книц.

В данном проекте применяем треугольные равнобокие и трапециевидные кницы. Конструктивные размеры книц следует принять согласно требованиям

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Регистра и Альбома типовых элементов. Эти размеры указаны на чертежах курсового проекта.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

4.1.14 Результаты расчетов

Толщина обшивки в средней части судна (мм):

Днища 16

Горизонтального киля 18

Настила верхней палубы 12

Настила второго дна 12

Наружного борта 14

Внутреннего борта 10

Вертикального киля 21

Дищевых стрингеров 14

Флоров сплошных непроницаемых 14

Поперечных переборок 20

Продольной переборки 12

Диафрагм 11

Платформ 11

Размеры набора:

продольные ребра жесткости по днищу $\lceil 22a$

продольные ребра жесткости по второму дну $\lceil 20b$

продольные ребра жесткости по верхней палубе $\lceil 14a$

рамные бимсы $\perp 56a$

продольные ребра жесткости по бортам $\lceil 18a$

бортовой стрингер $\perp 32b$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Лист

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

4.2 . Расчет общей продольной прочности

Исходные данные о форме непроницаемого корпуса судна.

Главные размерения:

- длина корпуса по КВЛ L=235 м
- ширина по КВЛ B=33 м
- осадка в грузу T=13,3 м
- осадка порожнем T_{пор.}=3,17 м
- высота борта H=17,2 м
- водоизмещение в грузу (T = 13,3 м.) D_{гр}=67922 т
- водоизмещение порожнем D_{пор}= 17922 т

Исходные данные:

- Грузоподъемность судна, т..... 50000
- Скорость хода, уз..... 14,2
- Численность экипажа..... 32
- Отношение L/B..... 7,12
- Отношение B/T..... 2,48
- Отношение H/T..... 1,29
- Коэффициент полноты водоизмещения..... 0,74
- Коэффициент полноты КВЛ..... 0,875
- Мощность энергетической установки, кВт..... 2*7960

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 1.Данные по нагрузке масс:

№	Наименование раздела	Масса, т
01	Корпус	13567
02	Устройства судовые	570
03	Системы	1000
04	Установка энергетическая	1270
05	Электроэнергетическая система	442
07	Вооружение	18
09	Запасные части	70,2
11	Запас водоизмещения	663,8
12	Постоянные жидкие грузы	280,2
13	Снабжение, имущество	40,8
Водоизмещение порожнем		17922
14	Экипаж, провизия, вода	320
15	Груз перевозимый	45660
16	Запасы топлива, масла, воды	4020
Дедвейт		50000
Водоизмещение в грузу		67922

4.2.1 Классификация внешних сил, действующих на корпус

Прочностью судна называется его способность противостоять воздействию внешних условий, возникающих в процессе эксплуатации, без нарушения целости как корпуса судна в целом, так и отдельных его конструкций. При этом прочности корпуса должна соответствовать необходимая жесткость — способность сопротивляться внешним силам без значительных изменений формы конструкции.

Для оценки прочности корпуса необходимо прежде всего знать действующие на него внешние силы; далее нужно уметь при помощи расчета найти

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

действующие в нем напряжения и, наконец, следует сопоставить эти напряжения с опасными напряжениями для данного материала конструкции.

При изучении прочности судна его корпус рассматривают как пустотелую тонкостенную составную балку переменного по длине сечения, находящуюся под воздействием сложной системы сил — сил веса самого судна и находящихся на нем грузов; гидростатических сил давления воды; сил инерции и гидродинамических сил, возникающих на ходу судна и при его качке на взволнованной поверхности моря. Все эти силы вызывают сложную упругую деформацию корпуса, которую в практических расчетах принято разделять на деформацию общего изгиба в продольной плоскости, деформацию изгиба в поперечной плоскости и местные деформации перекрытий и отдельных связей корпуса.

Постоянные нагрузки действуют в течение всего времени эксплуатации судна, т.е. делятся значительный промежуток времени. К таким нагрузкам относятся, например: собственный вес корпуса, механизмов и оборудования судна, вес перевозимых грузов, гидростатическая сила поддержания на тихой воде, сила давления жидкого груза на переборки цистерн и т. д.

Случайные нагрузки действуют ограниченное число раз, т.е. в течение небольших промежутков времени. Примерами случайной нагрузки могут служить давление на переборку во время испытания отсека на водонепроницаемость, нагрузка на корпус при доковании и при спуске со стапеля, нагрузка на переборки и палубы при аварии и т. д.

По характеру изменения все внешние нагрузки подразделяют на неизменные, статически переменные и динамически переменные. Неизменные нагрузки во время своего действия сохраняют величину и направление (например, вес корпуса, механизмов и оборудования судна, гидростатическая сила поддержания на тихой воде).

Статически переменные нагрузки изменяют свою величину во время действия. Наименьший период изменения в несколько раз превышает период собственных колебаний конструкции, на которую эта нагрузка действует.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Примером статически переменной нагрузки может служить давление ветера на борт судна. Определенное значение имеют пределы изменения статически переменной нагрузки с учетом знака.

Динамически переменные нагрузки отличаются от статически переменных тем, что период их изменения близок к периоду собственных колебаний конструкции (например, нагрузка от ударов волн в борта судна или инерционные силы при качке судна).

4.2.2 Определение перерезывающих сил и изгибающих моментов

При исследовании общего продольного изгиба плавающего судна принимается допущение, что на его корпус действует только вертикальная нагрузка — силы веса и вертикальные составляющие гидростатических и гидродинамических сил давления воды. Влияние горизонтальных составляющих внешней нагрузки (упора движителей и сил сопротивления воды) не учитывается, так как вызываемые ими общие напряжения в связях корпуса пренебрежимо малы.

Явление общего изгиба корпуса судна, плавающего на взволнованной поверхности воды, обычно схематизируют, разделяя полный изгибающий момент на две составляющие:

- 1) изгибающий момент M_t , возникающий при плавании судна на тихой воде;
- 2) дополнительный изгибающий момент M_b , возникающий при плавании на волнении в результате перераспределения сил поддержания по длине.

Определение изгибающих моментов и перерезывающих сил на тихой воде. Известно, что у судна, плавающего в положении статического равновесия на тихой воде, силы веса и силы поддержания в целом уравновешены, т. е. их равнодействующие равны по абсолютной величине и приложены в точках, лежащих на одной вертикали. Однако законы распределения сил веса и сил поддержания по длине судна неодинаковы, и это различие приводит к общему продольному изгибу корпуса.

Распределение по длине сил веса характеризуется ступенчатой кривой веса. Для построения этой кривой силы веса используют таблицу весовой

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

нагрузки и чертеж продольного разреза судна. При их помощи все статьи нагрузки — веса корпуса, механизмов, оборудования, перевозимого груза и пр. — распределяют по длине на двадцать равных участков (теоретических шпаций). В пределах каждой шпации вес считается распределенным равномерно.

4.2.2.1 Разбивка нагрузки по теоретическим шпациям и определение положения центра масс

Из таблицы 3.2.4 Гидростатические кривые проектируемого судна (Результат программы Static Apirs – раздела Остойчивости), построим кривую линию водоизмещения:

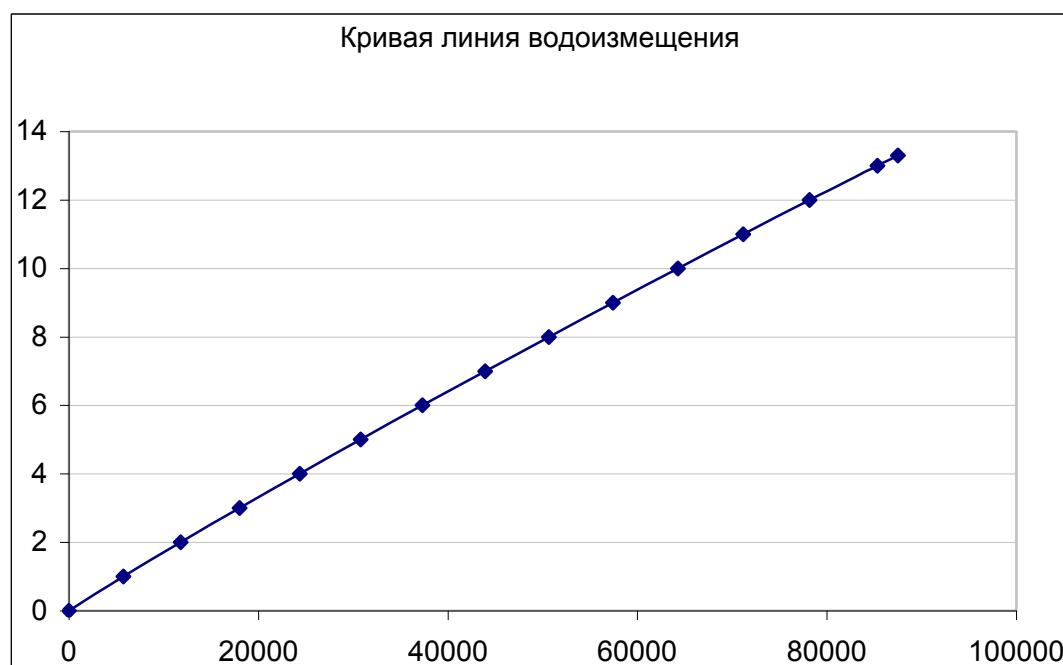


Рис.4.1 Кривая линия водоизмещения

Распределение сил веса корпуса может быть представлено в следующем виде: $g = m \cdot G / 20$ где,

$m=1,18$ – коэффициент предложенный Курдюмовым А.А.;

$G=13575$ т – масса корпуса

Распределение по длине сил поддержания характеризуется ступенчатой кривой сил поддержания, представляющей собой строевую по шпангоутам, ординаты которой умножены на весовую плотность забортной воды и отложены

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

в масштабе, принятом при построении кривой веса. Полученную плавную кривую заменяют равновеликой ей по площади ступенчатой кривой.

Дальнейший расчет производится в табличной форме.

Таблица 2. Разбивка нагрузки по теоретическим шпациям для состояния порожнем:

	Вес, кН	20-19	19-18	18-17	17-16	16-15	15-14	14-13	13-12	12-11	11-10
Pк	135500	5000	5310	5685	6183	6602	7060	7845	7845	7845	7845
Рэу	14500	1648	6152	6701							
Рс	10500				750	750	750	750	750	750	750
Рз	6900						1000	500	500		
Рбал	7600									600	600
сумма 1	175000	6648	11462	12386	6933	7352	8810	9095	9095	9195	9195
множ		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
сумма 2	1823193	6648	22923	37157	27732	36758	52862	63663	72758	82753	91947
	Вес, кН	10--9	9--8	8--7	7--6	6--5	5--4	4--3	3--2	2--1	1-0
Pк	135500	7845	7845	7845	7845	7205	6795	6384	5974	5484	5060
Рэу	14500										
Рс	10500	750	750	750	750	750	750	750			
Рз	6900								1200	1700	2000
Рбал	7600	600	600	600	600	1000	1000	1000	1000	1000	1000
сумма 1	175000	9195	9195	9195	9195	8955	8545	9334	8674	8484	6060
множ		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
сумма 2	1823193	101142	110337	119531	128726	134326	136716	158685	156133	161196	121200

Тогда,

$$x_G = (235/20) * (\text{сумма 2}/\text{сумма 1} - 10,5)$$

$$x_G = (235/20) * (1823193/17500 - 10,5) = - 2,344 \text{ м}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист

Таблица 3. Разбивка нагрузки по теоретическим шпациям для состояния в полном грузу :

	Вес, кН	20-19	19-18	18-17	17-16	16-15	15-14	14-13	13-12	12-11	11-10
Pк	135500	5000	5310	5685	6183	6602	7060	7845	7845	7845	7845
Pэу	14500	1648	6152	6701							
Pс	10500				750	750	750	750	750	750	750
Pз	70000	22000	24000	24000							
Pбал	44500				9000	9500	8500	7000	6500	4000	
Pгр	600000				37500	37500	37500	37500	37500	37500	37500
сумма 1	875000	28648	35462	36386	53433	54352	53810	53095	52595	50095	46095
множ		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
сумма 2	8887793	28648	70923	109157	213732	271758	322862	371663	420758	450853	460947
	Вес, кН	10--9	9--8	8--7	7--6	6--5	5--4	4--3	3--2	2--1	1-0
Pк	135500	7845	7845	7845	7845	7205	6795	6384	5974	5484	5060
Pэу	14500										
Pс	10500	750	750	750	750	750	750	750			
Pз	70000										
Pбал	44500										
Pгр	600000	37500	37500	37500	37500	37500	37500	37500	37500	37500	
сумма 1	875000	46095	46095	46095	46095	45455	45045	44634	43474	42984	5060
множ		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
сумма 2	8887793	507042	553137	599231	645326	681826	720716	758785	782533	816696	101200

Тогда, $x_G = (235/20) * (\text{сумма 2}/\text{сумма 1} - 10,5)$

$$x_G = (235/20) * (8887793/87500 - 10,5) = -4,025 \text{ м}$$

4.2.2.2 Выполнение удифферентовки при положении судна на тихой воде и расчет силы поддержания

a. Удифферентовка при положении судна порожнем

Из графика кривой линии водоизмещения, определяем при случае судна порожнем $D = 17500 \text{ т}$, осадка соответственно $T = 2,61 \text{ м}$.

При осадке $T = 2,61 \text{ м}$, с помощью масштаба Бонжана, определяем площадь и выполняем расчет в табличной форме.

В первом приближении принимаем $T_{\text{нос}} = 2,61 - 1,75 = 0,86 \text{ м}$

$$T_{\text{ком}} = 2,61 + 1,75 = 4,34 \text{ м}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

BKRБ-26.03.02-0096-18

Лист

I-ое приближение

Таблица 3

	площадь	Пші +Шпі+1	D(тонн)	Множитель	Di * множ
шп 0	0,515	15,224	91,68	9,50	870,93
шп 1	14,709	50,34025	303,14	8,50	2576,71
шп 2	35,63125	89,22325	537,29	7,50	4029,68
шп 3	53,592	119,96475	722,41	6,50	4695,68
шп 4	66,37275	142,78475	859,83	5,50	4729,08
шп 5	76,412	160,48975	966,45	4,50	4349,02
шп 6	84,07775	174,20775	1049,06	3,50	3671,70
шп 7	90,13	186,075	1120,52	2,50	2801,30
шп 8	95,945	197,685	1190,43	1,50	1785,65
шп 9	101,74	209,245	1260,05	0,50	630,02
шп 10	107,505	220,6105	1328,49	-0,50	-664,24
шп 11	113,1055	230,98425	1390,96	-1,50	-2086,44
шп 12	117,8788	238,37475	1435,46	-2,50	-3588,66
шп 13	120,496	236,802	1425,99	-3,50	-4990,97
шп 14	116,306	216,6865	1304,86	-4,50	-5871,87
шп 15	100,3805	174,94225	1053,48	-5,50	-5794,14
шп 16	74,56175	124,18175	747,81	-6,50	-4860,75
шп 17	49,62	79,276	477,39	-7,50	-3580,43
шп 18	29,656	41,028	247,07	-8,50	-2100,06
шп 19	11,372	11,372	68,48	-9,50	-650,57
шп 20	0	0	0,00		
сумма			17882,85	0,00	-4048,33

$$X_c = -2,71$$

Результат должен выполнять следующие условия:

- +) Сила поддержания равна весу судна
- +) $X_c = X_g = -2,34 \text{ м}$,

В любом случае отличие не должно превышать 5%

Имеем: $(X_c - X_g) / X_g = (2,71 - 2,34) / 2,71 = 0,136$ или 13,6%

Таким образом следует расчет по второму приближению

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист

II-ое приближение

$$T_{нос} = 2,61 - 1,7 = 0,91 \text{ м}$$

$$T_{ком} = 2,61 + 1,7 = 4,31 \text{ м}$$

Таблица 4

	площадь	Пші +Шпі+1	D (тонн)	Множитель	Di * Множ
шп 0	0,65	15,91	95,83	9,50	910,39
шп 1	15,26	51,67	311,20	8,50	2645,22
шп 2	36,41	90,84	547,04	7,50	4102,80
шп 3	54,42	121,56	732,05	6,50	4758,31
шп 4	67,13	144,19	868,33	5,50	4775,82
шп 5	77,05	161,63	973,32	4,50	4379,94
шп 6	84,57	175,03	1054,02	3,50	3689,08
шп 7	90,46	186,57	1123,50	2,50	2808,75
шп 8	96,11	197,85	1191,43	1,50	1787,14
шп 9	101,74	209,08	1259,05	0,50	629,53
шп 10	107,34	220,11	1325,51	-0,50	-662,75
шп 11	112,77	230,16	1386,01	-1,50	-2079,01
шп 12	117,38	237,23	1428,62	-2,50	-3571,54
шп 13	119,85	235,40	1417,57	-3,50	-4961,50
шп 14	115,55	215,17	1295,75	-4,50	-5830,89
шп 15	99,62	173,54	1045,08	-5,50	-5747,95
шп 16	73,92	123,08	741,17	-6,50	-4817,63
шп 17	49,15	78,50	472,77	-7,50	-3545,78
шп 18	29,35	40,56	244,31	-8,50	-2076,59
шп 19	11,21	11,21	67,54	-9,50	-641,64
шп 20	0	0	0,00		
сумма			17880,11	0,00	-3448,30

$$D = 17922 \text{ т.}$$

$$X_c = -3448,30 * 11,75 / 17880 = -2,3 \text{ м}$$

Отличие 1,2% => Применяется II-ое приближение.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата
--------------	--------------	-------------	--------------	--------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист

БКРБ-26.03.02-0096-18

б. Удифферентовка при положении судна в полном грузу

В первом приближении принимаем

$$T_{\text{нос}} = 13,3 - 2 = 11,3 \text{ м}$$

$$T_{\text{кон}} = 13,3 + 2 = 15,3 \text{ м}$$

Таблица 5

	площадь	Пші +Шпі+1	D(тонн)	Множитель	Di * множ
шп 0	35,02	192,49	1159,17	9,50	11012,16
шп 1	157,48	421,32	2537,13	8,50	21565,61
шп 2	263,84	588,99	3546,85	7,50	26601,36
шп 3	325,15	663,23	3993,89	6,50	25960,27
шп 4	338,08	719,64	4333,58	5,50	23834,70
шп 5	381,56	783,13	4715,88	4,50	21221,46
шп 6	401,57	819,15	4932,79	3,50	17264,76
шп 7	417,58	842,70	5074,63	2,50	12686,59
шп 8	425,12	856,86	5159,90	1,50	7739,86
шп 9	431,74	870,07	5239,45	0,50	2619,73
шп 10	438,33	883,09	5317,86	-0,50	-2658,93
шп 11	444,76	895,15	5390,48	-1,50	-8085,72
шп 12	450,39	903,96	5443,53	-2,50	-13608,84
шп 13	453,57	914,29	5505,76	-3,50	-19270,15
шп 14	460,72	917,31	5523,91	-4,50	-24857,59
шп 15	456,58	861,46	5187,60	-5,50	-28531,79
шп 16	404,88	746,94	4497,98	-6,50	-29236,87
шп 17	342,06	683,29	4114,70	-7,50	-30860,24
шп 18	341,23	640,27	3855,62	-8,50	-32772,77
шп 19	299,04	313,14	1885,71	-9,50	-17914,23
шп 20	14,10	14,10	84,91		
Сумма			779501,34		-37290,62

$$X_c = -5,01$$

$$D = 77922 \text{ т.}$$

$$X_c = -37290 * 11,75 / 77922 = -5,62 \text{ м}$$

Отличие 25% => следует II-ое приближение

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист

В втором приближении принимаем

$$T_{\text{нос}} = 13,3 - 1,75 = 11,55 \text{ м}$$

$$T_{\text{ком}} = 13,3 + 1,75 = 15,05 \text{ м}$$

Таблица 6

	площадь	Пші +Шпі+1	D	Множитель	Di * множ
шп 0	35,43	196,30	1182,10	9,50	11229,97
шп 1	160,87	430,84	2594,48	8,50	22053,09
шп 2	269,97	602,35	3627,25	7,50	27204,37
шп 3	332,38	679,13	4089,62	6,50	26582,54
шп 4	346,75	732,44	4410,63	5,50	24258,48
шп 5	385,69	790,55	4760,61	4,50	21422,75
шп 6	404,87	825,15	4968,94	3,50	17391,28
шп 7	420,28	847,05	5100,83	2,50	12752,07
шп 8	426,77	859,34	5174,81	1,50	7762,21
шп 9	432,57	870,90	5244,42	0,50	2622,21
шп 10	438,33	882,27	5312,89	-0,50	-2656,44
шп 11	443,94	892,68	5375,58	-1,50	-8063,37
шп 12	448,74	899,84	5418,69	-2,50	-13546,73
шп 13	451,10	907,99	5467,77	-3,50	-19137,20
шп 14	456,89	907,69	5465,99	-4,50	-24596,95
шп 15	450,80	849,38	5114,89	-5,50	-28131,88
шп 16	398,59	732,42	4410,52	-6,50	-28668,39
шп 17	333,83	664,39	4000,89	-7,50	-30006,65
шп 18	330,56	612,61	3689,07	-8,50	-31357,07
шп 19	282,05	295,13	1777,26	-9,50	-16883,94
шп 20	13,08	13,08	78,79		
сумма			77966,02	0,00	-29769,67

$$X_c = -4,01$$

$$D = 77922 \text{ т.}$$

Отличие $\delta D = (77966-77922)/77966 = 0.0056$ или $0,56\%$

$$X_c = -29769,67 * 11,75 / 77966,02 = -4,01 \text{ м}$$

Отличие $\delta X_c = (4,034-4,01) / 4,034 = 0.0059$ или $0,59\%$

Отличие мало \Rightarrow Применяется II-ое приближение.

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. изм №	Инв. № фубл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

4.2.2.3 Расчет и построение эпюор изгибающего момента и перерезывающей силы

a. Расчет построение эпюор M и N для судна с нагрузкой порожнем

Изгибающий момент и перерезывающую силу также определяем в табличной форме (см таблицу 7).

После определения перерезывающей силы и изгибающего момента строим эпюры рис.6.2 и рис.6.3.

b. Расчет построение эпюор M и N для судна в грузу

Изгибающий момент и перерезывающую силу также определяем в табличной форме (см таблицу 8).

После определения перерезывающей силы и изгибающего момента строим эпюры рис.5.4 и рис.5.5 .

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

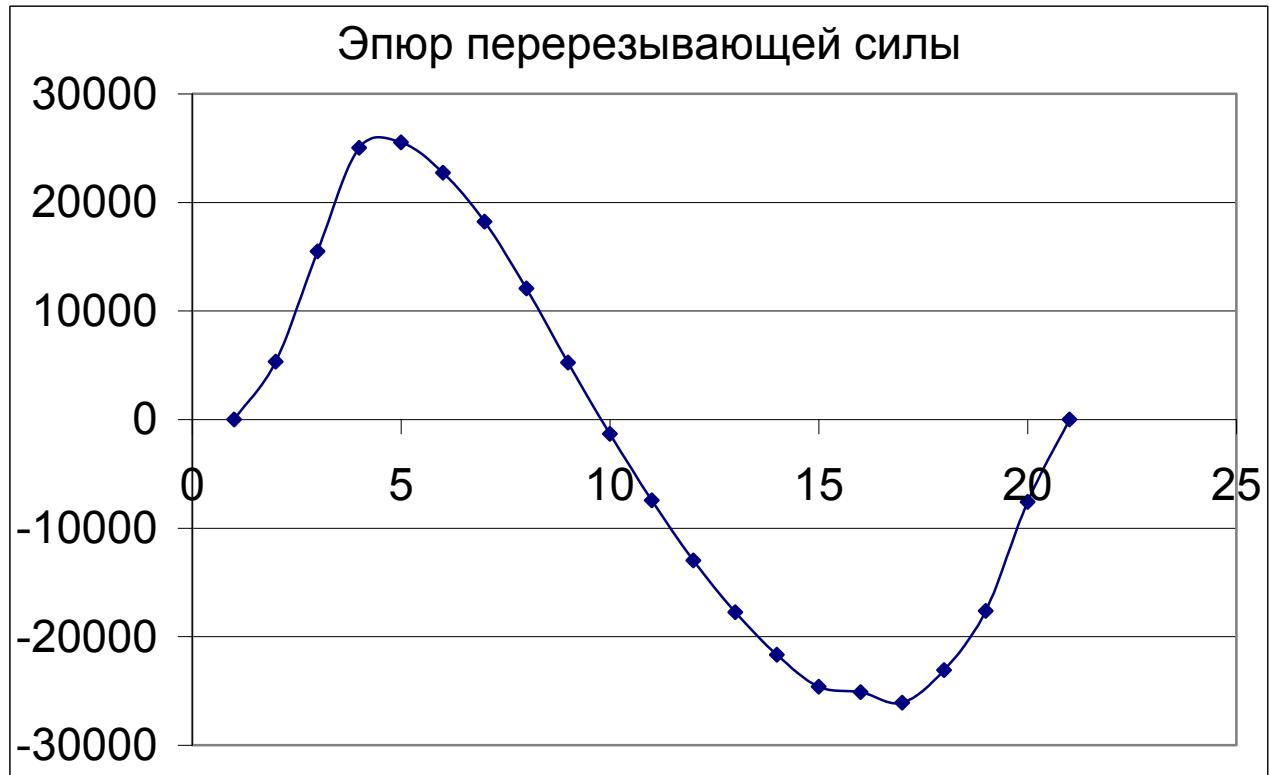


Рис.4.2 Эпюра перерезывающей силы для судна с нагрузкой порожнем

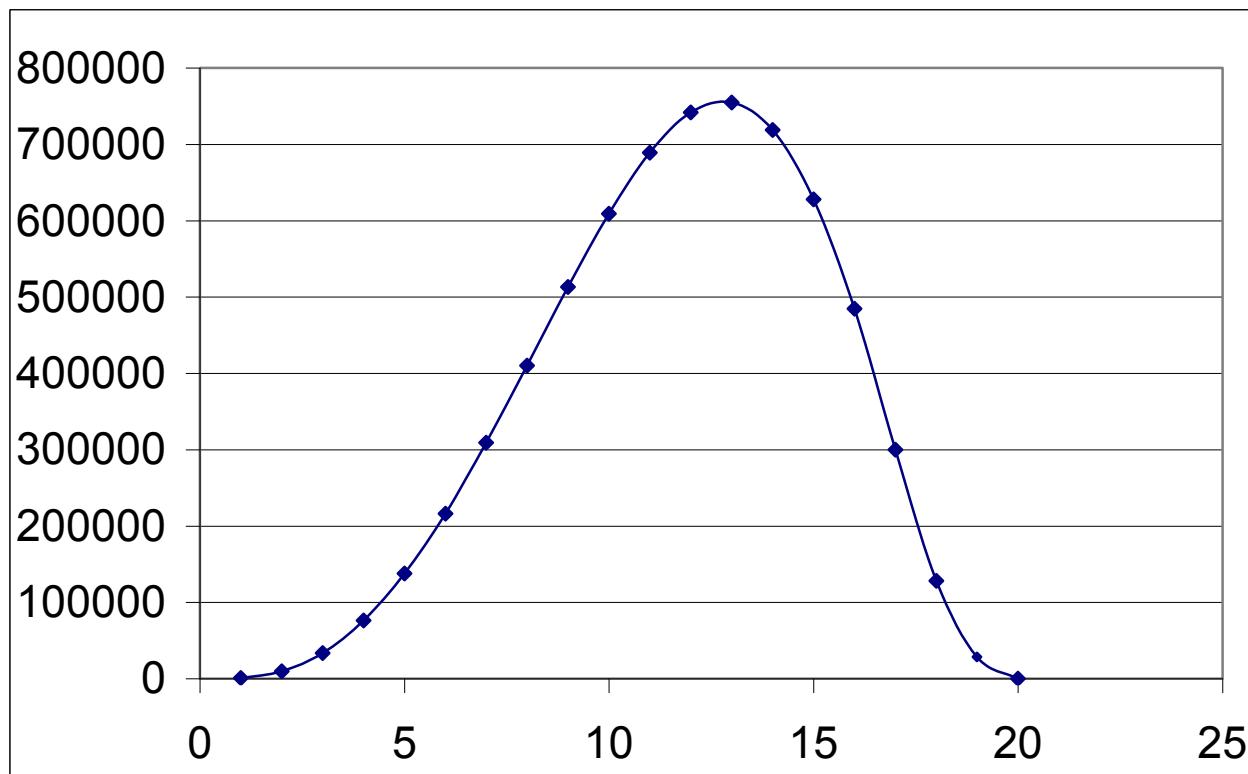


Рис.4.3 Эпюра изгибающего момента для судна с нагрузкой порожнем

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

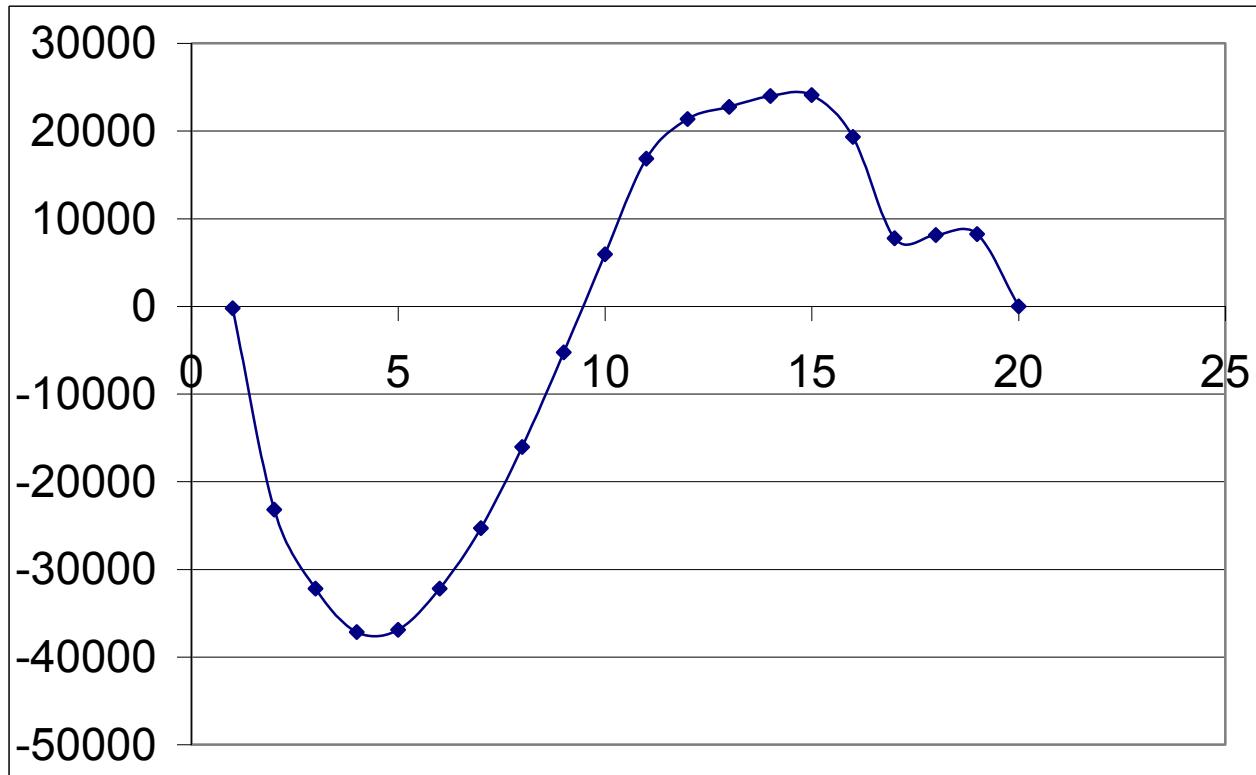


Рис.4.4 Эпюра перерезывающей силы для судна в грузу

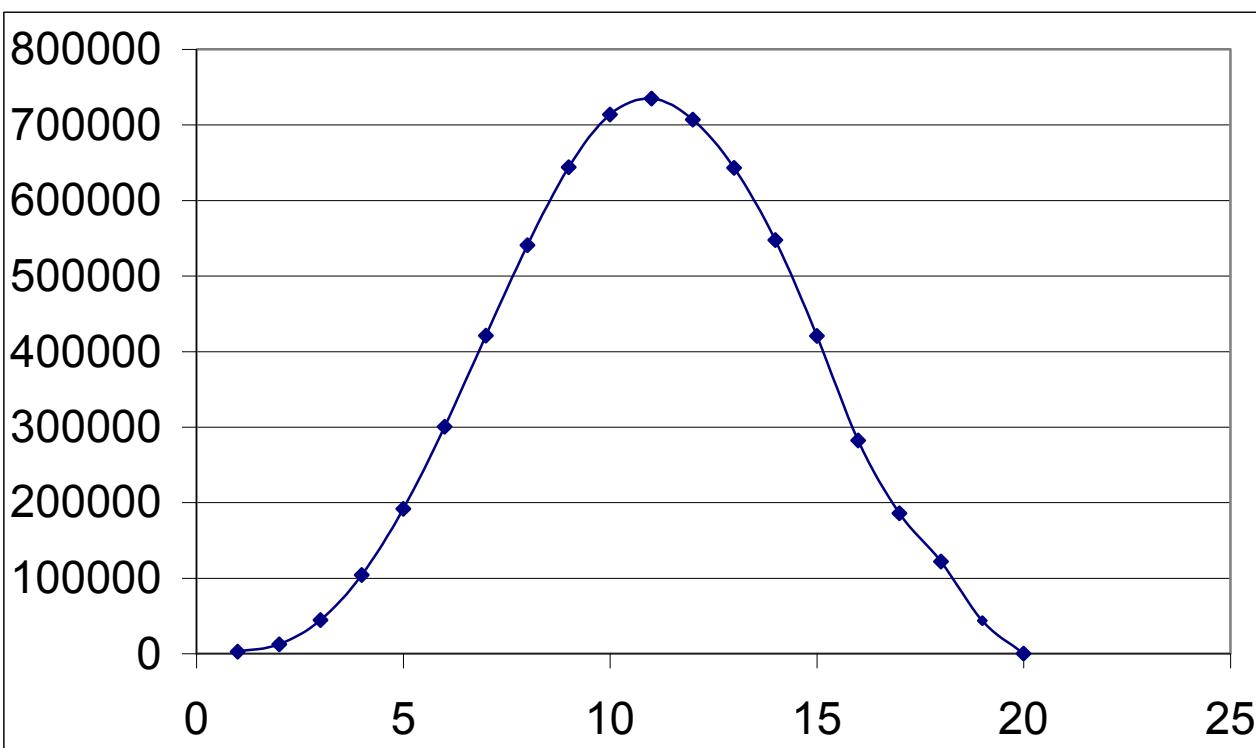


Рис.4.5 Эпюра изгибающего момента для судна в грузу

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Момент на тихой воде, по Регистру определяется как:

$$M_{TB} = K_{TB} * g * D * L, \text{ где}$$

$K_{TB} = 0,9 * 10^{-2}$ - коэффициент, определяемый нагрузкой судна.

$$M_{TB} = 0,9 * 10^{-2} * 9,88 * 87500 * 235 = 1,83 * 10^6 \text{ кН*м}$$

Волновой момент определяется в соответствии с Правилами Регистра:

- вызывающий перегиб судна

$$M_{B1} = 190 * C_w * B * L^2 * C_b * \alpha * 10^{-3}, \text{ кН*м}$$

- вызывающий прогиб судна

$$M_{B2} = -110 * C_w * B * L^2 * (C_b + 0,7) * \alpha * 10^{-3}, \text{ кН*м}$$

где

$$C_w = 10,26 \text{ (см раздел 4);}$$

$$C_b = 0,825 \text{ – коэффициент общей полноты;}$$

$\alpha = 1$ - коэффициент, определяемый по табл. 1.4.4.1 [6]

$$M_{B1} = 190 * 10,26 * 33 * 235^2 * 0,825 * 1 * 10^{-3} = 2,93 * 10^6 \text{ кН*м}$$

$$M_{B2} = -110 * 10,26 * 33 * 235^2 * (0,825 + 0,7) * 1 * 10^{-3} = -3,14 * 10^6 \text{ кН*м}$$

Суммарный момент:

- вызывающий перегиб судна:

$$M_{\Sigma 1} = M_{TB} + M_{B1}, \text{ где}$$

$M_{TB} = 0,73 * 10^6 \text{ кН*м}$ – момент на тихой воде, принимается по удиферентовке.

$$M_{\Sigma 1} = 0,73 * 10^6 + 2,93 * 10^6 = 3,66 * 10^6 \text{ кН*м}$$

- вызывающий прогиб судна

$$M_{\Sigma 2} = M_{TB} + M_{B2},$$

$$M_{\Sigma 2} = 0,73 * 10^6 - 3,14 * 10^6 \text{ кН*м} = -2,44 * 10^6 \text{ кН*м}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

4.2.3. Определение напряжений.

Расчет момента сопротивления эквивалентного бруса производится в табличной форме таблица 9. Наименования связей в соответствии с рис. 5.

Таблица 9. Определение момента инерции и сопротивления.

№ п/п	Наименование Связи	Кол	F, см ²	Z, м	F*Z, см ² *м	F*Z ² , см ² *м ²	i, см ² *м ²
1	Настил палубы	1	3960	17,2	68112	1171526	0,05
2	Продольные р.ж. ВП	34	477,7	17,11	8173,4	139847,7	-
3	Карлингсы	4	493,6	16,82	8302,4	139645,6	-
4	Лист борта	2	4816	8,6	41418	356191,4	118730,45
5	Платформа №1	2	480	14	6720	94080	0,01
6	Платформа №2	2	480	10	4800	48000	0,01
7	Платформа №3	2	480	6	2880	17280	0,01
8	Обшивка днища	1	5280	-0,8	-4224	3379,2	0,11
9	Вертикальн.киль	1	420	1	420	420	140,00
10	Днищев.стрингеры	6	1680	1	1680	1680	560,00
11	Р/ж днища	34	1116	0,14	156,24	21,8736	-
12	Настил 2 дна	1	3960	2	7920	15840	0,05
13	Р/ж 2 дна	34	1066	1,88	2004,1	3767,67	-
14	Внутр. Борт	2	3040	10,6	32224	341574,4	58530,13
15	Р/ж борт.,переб.№1	14	310	15,6	4836	75441,6	-
16	Р/ж борт.,переб.№2	20	443	12	5316	63792	-
17	Р/ж борт.,переб.№3	20	443	8	3544	28352	-
18	Р/ж борт.,переб.№4	20	443	4	1772	7088	-
19	Р/ж стрингеров	14	251	1	251	251	-
20	Р/ж платформы	12	266,2	10	2662	26620	-
21	Обш. прод. Пер-ки	1	1632	8,8	14362	126382,1	25154,56
22	Стенка карлинса	1	288	16,4	4723,2	77460,48	61,44
23	Полка карлинса	1	160	15,6	2496	38937,6	0,01
24	Гор. Шерф прод. Пер.№1	1	45,2	14	632,8	8859,2	0,12
25	Гор. Шерф прод. Пер.№2	1	83,2	10	832	8320	0,34
26	Гор. Шерф прод. Пер.№3	1	95,2	6	571,2	3427,2	0,38
			A =32209	B =222584		C = 3001363	

$$E = B/A = 6,91 \text{ м} -$$

$$I = (C - B^2/A) = 1463170 \text{ см}^2 * \text{м}^2$$

$$W = I/e = 211746,8 \text{ см}^2 * \text{м}$$

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. изм №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

БКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

Действующие напряжения определяются по формуле:

$$\sigma = M_{\Sigma} / W, \text{ кг/см}^2$$

При перегибе судна:

$$\sigma_1 = 3,66 * 10^6 * 100 / 211746,8 = 1730 \text{ кг/см}^2$$

При прогибе судна:

$$\sigma_2 = 2,44 * 10^6 * 100 / 211746,8 = 1152 \text{ кг/см}^2$$

Сравнивая с допускаемыми напряжениями:

$$[\sigma_{\text{доп}}] = 1750 / \eta \text{ кг/см}^2, \text{ где}$$

$$\eta = 0,78$$

$$[\sigma_{\text{доп}}] = 2240 \text{ кг/см}^2$$

Вывод: При расчете момента сопротивления эквивалентного бруса, приняли наборы с толщиной без поправки на износ, т.е. как толщины последнего времени обслуживания, очевидно, что общая продольная прочность обеспечена, так как условия прочности выполняются во все время обслуживания $T = 24$ лет.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	

BKRB-26.03.02-0015-16

Лист

Таблица 8. Определение изгибающего момента и перерезывающей силы для судна в полном грузу

Номер шпации	Сила поддер. кН	Сила веса, кН	(3)-(2), кН	$\Sigma(4)$	Интегр. сумм	ΔN , кН	N , кН	$(6)*\Delta L/2$	ΔM , кН*м	M , кН*м	№ шп
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20-19	17773	25600	7827	0	0	0	0	0	0	0	20
19-18	35891	35462	-429,5	7827	7827,4	391,4	8218,8	45986,0	2299	43687	19
18-17	40009	39368	-640,9	7398	23053	739,8	8137,7	135434,7	13543	121891	18
17-16	44105	53433	9328	6757	37208	1013,6	7770,6	218594,9	32789	185806	17
16-15	51149	54352	3203	16085	60049	3217,0	19302	352790,7	70558	282233	16
15-14	54660	53810	-849,6	19288	95422	4821,9	24109	560603,3	140151	420453	15
14-13	54678	53095	-1583	18438	133147	5531,4	23969	782240,5	234672	547568	14
13-12	54187	52595	-1592	16855	168440	5899,2	22754	989585,9	346355	643231	13
12-11	53756	50095	-3661	15263	200558	6105,1	21368	1178277,5	471311	706966	12
11-10	53729	46095	-7634	11602	227422	5220,8	16822	1336106,2	601248	734858	11
10-9	53444	46095	-7349	3968	242992	1983,8	5951,3	1427575,3	713788	713788	10
9-8	52748	46095	-6653	-3382	243577	-1860,1	-5242	1431015,6	787059	643957	9
8-7	51408	46095	-5314	-10035	230160	-6021,2	-16057	1352189,1	811313	540876	8
7-6	49689	46095	-3595	-15349	204776	-9976,8	-25326	1203056,8	781987	421070	7
6-5	47606	45455	-2151	-18944	170483	-13260,5	-32204	1001588,6	701112	300477	6
5-4	44106	44545	438,7	-21095	130445	-15820,9	-36916	766364,5	574773	191591	5
4-3	40896	44134	3238	-20656	88695	-16524,7	-37181	521080,5	416864	104216	4
3-2	36273	41474	5202	-17418	50621	-14805,4	-32223	297395,9	252787	44609	3
2-1	27045	39153	12108	-12217	20986	-10994,9	-23212	123292,2	110963	12329	2
1-0	11821	11930	109	-108,6	8660,7	-103,2	-211,7	50881,9	48338	2544	1

<i>Инв. № подл.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв №</i>	<i>Инв. № дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>

BKRB-26.03.02-0015-16

Лист

Таблица 7. Определение изгибающего момента и перерезывающей силы для судна с нагрузкой порожнем

<i>Номер шпации</i>	<i>Сила поддер. кН</i>	<i>Сила веса, кН</i>	<i>(3)-(2), кН</i>	<i>Σ(4)</i>	<i>Интегр. сумм</i>	<i>ΔN, кН</i>	<i>N, кН</i>	<i>(6)*ΔL/2</i>	<i>ΔM, кН*м</i>	<i>M, кН*м</i>	<i>№ шп.</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20-19	675	5748	5072,6	0	0	0	0	0	0	0	20
19-18	2443	11462	9018,4	5073	5072,6	253,63	5326,2	29801,5	1490	28311	19
18-17	4728	12386	7658,1	14091	24236	1409,1	15500	142387,8	14239	128149	18
17-16	7412	6933	-478,7	21749	60076	3262,4	25011	352948,3	52942	300006	17
16-15	10451	7352	-3099,2	21270	103096	4254,07	25524	605687,5	121138	484550	16
15-14	12958	8810	-4147,2	18171	142537	4542,8	22714	837406,8	209352	628055	15
14-13	14176	9095	-5081,0	14024	174733	4207,2	18231	1026553,5	307966	718587	14
13-12	14286	9095	-5191,5	8943	197699	3130	12073	1161484,4	406520	754965	13
12-11	13860	9195	-4665,4	3752	210394	1500,6	5252,1	1236064,7	494426	741639	12
11-10	13255	9195	-4060,4	-913,8	213232	-411,23	-1325	1252736,1	563731	689005	11
10-9	12591	9195	-3395,8	-4974	207344	-2487,1	-7461	1218143,7	609072	609072	10
9-8	11914	9195	-2719,6	-8370	193999	-4603,5	-12973	1139746,5	626861	512886	9
8-7	11235	9195	-2040,3	-11090	174540	-6653,7	-17743	1025421,6	615253	410169	8
7-6	10540	9195	-1345,5	-13130	150320	-8534,4	-21664	883132,6	574036	309096	7
6-5	9733	9855	121,8	-14475	122715	-10133	-24608	720952,4	504667	216286	6
5-4	8683	8545	-138,6	-14354	93886	-10765	-25119	551583,1	413687	137896	5
4-3	7321	9334	2013,9	-14492	65041	-11594	-26086	382115,3	305692	76423	4
3-2	5470	8674	3203,7	-12478	38071	-10606	-23085	223665,2	190115	33550	3
2-1	3112	8484	5372,0	-9275	16318	-8347,1	-17622	95868,3	86281	9587	2
1-0	958	4860	3901,7	-3903	3141	-3707,4	-7610	18453,4	17531	923	1

Глава 5. Расчет ходкости

5.1 Расчет гребного винта, обеспечивающего судну заданную скорость.

Выбор двигателя.

5.2 Расчет гребного винта, обеспечивающего судну максимально

достижимую скорость.

5.3 Расчет паспортной диаграммы судна.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Агаев Р.Т.			
Пров.	Саламех А.Х.			
Руковод.	Пичугин Д.А.			
Н. Контр.	Чеченев А.В.			
Утврд.	Рубан А.Р.			

BKRB-26.03.02-0096-18

Расчет ходкости

Лит. Лист Листов

АГТУ

5.1 Расчет гребного винта, обеспечивающего судну заданную скорость.

Выбор двигателя.

Расчет гребного винта производится с использованием коэффициента задания K_{NT} . Используется расчетная диаграмма [5]стр.152: $Z_p=4$, $A_e/A_0=0,55$.

Данные закладываемые в расчет:

- $v_A=v(1-W_T)$
 $v_A=8,12*(1-0,174)=6,7 \text{ м/с};$
- $T=1321,9 \text{ кН}$
- $\eta_H=(1/i_Q)*(1-t)/(1-W_T)$
 $\eta_H=(1-0,183)/(1-0,174)=0,989$
- $\eta_s=0,98 - \text{МО в корме.}$

Задавая частоту вращения гребного винта в диапазоне от 50 до 120 оборотов в минуту, дальнейший расчет производится в табличной форме (таблица 6.2).

Таблица 5.2. Расчет гребного винта, обеспечивающего заданную скорость

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата	Размерность	Численные значения					
						n	об/мин	50	60	80	100
					об/с	n	0,833	1,000	1,333	1,667	2,000
					-	K_{NT}	1,264	1,154	0,999	0,894	0,816
					-	J	0,75	0,700	0,610	0,550	0,500
					-	J'	0,788	0,735	0,641	0,578	0,525
					M	D_{opt}	10,2	9,12	8,24	6,95	6,7
					-	K_{TT}	0,151	0,165	0,169	0,174	0,171
					-	η_0	0,73	0,690	0,650	0,620	0,600
					-	η_d	0,722	0,682	0,643	0,613	0,593
					kВт	P_s	12396	13123	13919	14600	15092

По результатам расчета строим график - зависимости полезной тяги от частоты вращения и оптимального диаметра винта (рисунок 6.2), также от

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Лист

BKRБ-26.03.02-0096-18

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

частоты вращения, с которого при условии $D_{opt} = D_{max}=9,3$ м снимаем $P_s=12750$ кВт при частоте 55 оборотов в минуту.

Под эти параметры подходит восьмицилиндровый дизельный двигатель [5] 6 ДКРН 80/259, номинальные характеристики которого:

- $P_s=13900$ кВт;
- $n=66$ об/мин

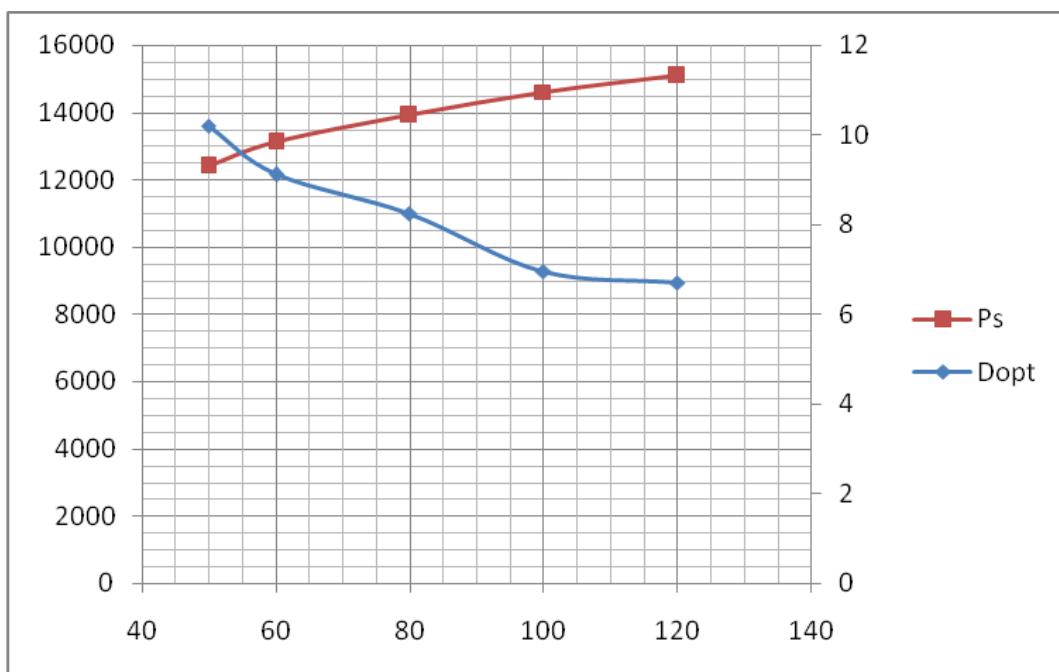


Рисунок 5.2 Зависимость диаметра винта и мощности потребляемой винтом от частоты вращения

5.2 Расчет гребного винта, обеспечивающего судну максимально достижимую скорость.

Хотя выбранный двигатель и имеет несколько большую, чем требуемая, мощность но в силу различия в частоте вращения скорость судна может уменьшиться. Дальнейший расчет производится в табличной форме (таблица 3), при частоте равной 66 оборотов в минуту в диапазоне скоростей от 13 до 17 узлов.

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 5.3. Расчет винта обеспечивающего максимальную скорость

Величина	Раз- мер- ность	Численные значения				
		13	14	15	16	17
v_s	уз	6,682	7,196	7,710	8,22	8,74
$v_a = v(1 - W_T)$	м/с	5,519	5,944	6,368	6,790	7,22
$R(v)$ (рис.1)	кН	679,38	795,81	958,55	1134,74	1318,69
$T_E = 1,15 * R$	кН	780,85	915,18	1102,33	1304,95	1516,49
$T = T_E / (1-t)$	кН	955,75	1120,17	1349,24	1597,25	1856,17
K_{NT}	-	1,052	1,050	1,068	1,09	1,12
J	-	0,625	0,630	0,640	0,66	0,69
J'	-	0,656	0,662	0,672	0,693	0,724
D_{opt}	м	8,75	9,37	9,92	10,28	10,49
$D = D_{opt}$	м	8,75	9,37	9,92	10,28	10,49
$J = J'$	-	0,656	0,662	0,672	0,693	0,724
K_T	-	0,105	0,105	0,102	0,105	0,103
η_0	-	0,660	0,660	0,664	0,675	0,685
η_d	-	0,724	0,724	0,730	0,743	0,751
P_s	кВт	7353,76	9256,25	11880,02	14731,63	22042,62

По результатам расчетов строятся зависимости оптимального диаметра и полезной тяги от скорости движения судна (рисунок 6.3), по которому при $P_s=13900$ кВт определяется максимальная скорость $v_s=14,6$ узла, $D=D_{opt}=9,3$ метра.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

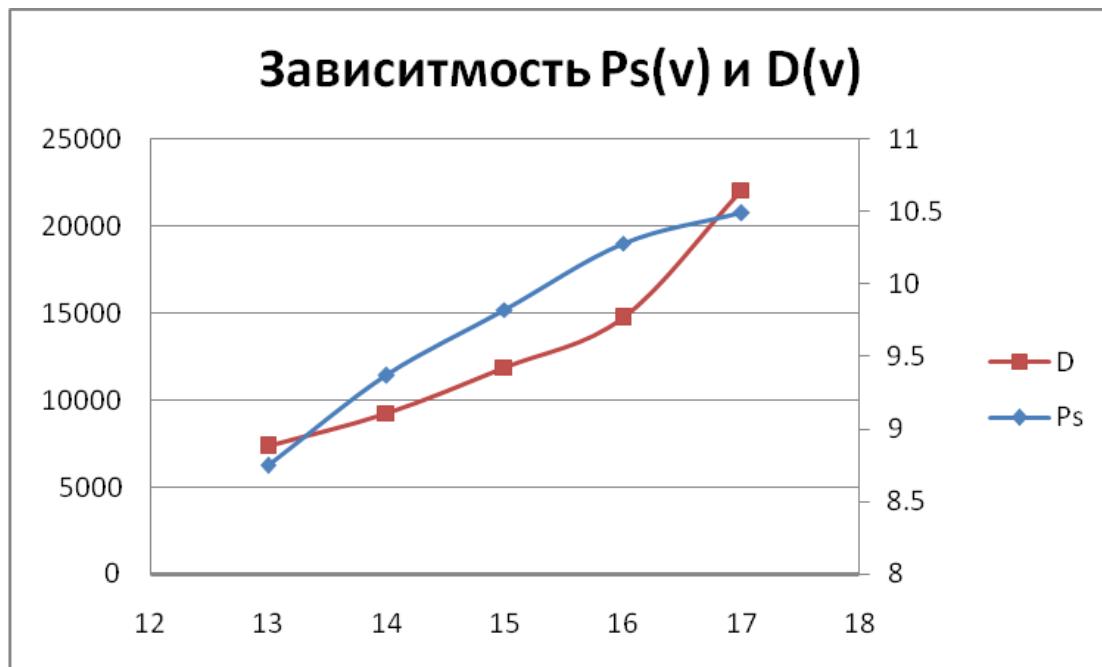


Рисунок 5.3. Зависимость диаметра винта и мощности потребляемой винтом от скорости судна.

Для указанной скорости по рис. 6.1 находится:

- $R=900$ кН – сопротивление воды
- $T_E=1.15*900=1035$ кН
- $T=T_E/(1-t)$
 $T=1035/(1-0,183)=1266,8$ кН
- $v_A=0,514*v_s*(1-W_T)$
 $v_A=0,514*14,6*(1-0,174)=6,2$ м/с
- $J=v_A/n*D$
 $J=6,2/(1,1*9,3)=0,606$
- $K_T=T/(\rho*n^2*D^4)$
 $K_T=1266,8/(1,025*1,1^2*9,3^4)=0,136$

По диаграмме [5]стр.152 этим значениям соответствует коэффициент полезного действия винта $\eta_0=0,66$ и его шаговое отношение $P/D=0,82$.

Подведем итоги:

В результате расчета были определены следующие характеристики гребного винта:

- геометрические:

Инв. № подл.	Подл. и дата	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

- D=9,3 м-диаметр винта;
- P/D=0,82- шаговое отношение;
- A_E/A₀=0,55- дисковое отношение;
- Z_p=4-число лопастей
- гидродинамические:
 - J=0,606-относительная поступь гребного винта;
 - К_{ТТ}=0,136- коэффициент упора гребного винта;
 - η₀=0,66- КПД винта.

Также приняты следующие характеристики насадки:

- α=1,3- коэффициент раствора насадки;
- β=1,12- коэффициент расширения насадки;
- $\bar{l}=0,60$ -относительное удлинение насадки.

Максимальная достижимая судном в расчетном режиме скорость v_{s max}=14,6 уз.

5.3 Расчет паспортной диаграммы судна.

Для расчеты диаграммы задается ряд фиксированных значений частоты вращения, включая номинальную:

n=60, 65; 70; 76; 80; оборотов в минуту.

Для нескольких относительных поступей с диаграммы рис.4.18 [5]стр.152 снимаются значения К_{ТТ} и η₀ (табл. 4), соответствующие рассчитанному гребному винту (P/D)=0,82.

Таблица 6.4. Зависимость коэффициент упора и КПД винта от относительной поступи.

J	0,4	0,5	0,6	0,7
К _{ТТ}	0,25	0,18	0,135	0,1
η ₀	0,495	0,58	0,66	0,675

Дальнейший расчет производится в табличной форме (таблица 5).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 5.5. Расчет ходовых характеристик судна

Величины	Размерность	Численные значения				
n	Об/мин	60,00	65,00	70,00	76,00	80,00
n	об/с	1,00	1,08	1,17	1,27	1,33
При J=0,400						
Vs	уз	6,78	7,35	7,91	8,59	9,04
Te	кН	607,63	713,12	827,05	974,91	1080,23
Ps	кВт	5027,56	6392,10	7983,58	10217,50	11917,19
При J=0,500						
Vs	уз	8,48	9,19	9,89	10,74	11,31
Te	кН	562,62	660,30	765,79	902,69	1000,22
Ps	кВт	4867,98	6189,21	7730,18	9893,19	11538,93
При J=0,600						
Vs	уз	10,18	11,02	11,87	12,89	13,57
Te	кН	472,60	554,65	643,26	758,26	840,18
Ps	кВт	4182,69	5317,92	6641,95	8500,46	9914,52
При J=0,700						
Vs	уз	11,87	12,86	13,85	15,04	15,83
Te	кН	382,58	449,00	520,74	613,83	680,15
Ps	кВт	3763,10	4784,45	5975,66	7647,73	8919,94

По результатам расчета строится паспортная диаграмма-ходовые характеристики судна (рисунок 4).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № фубл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист

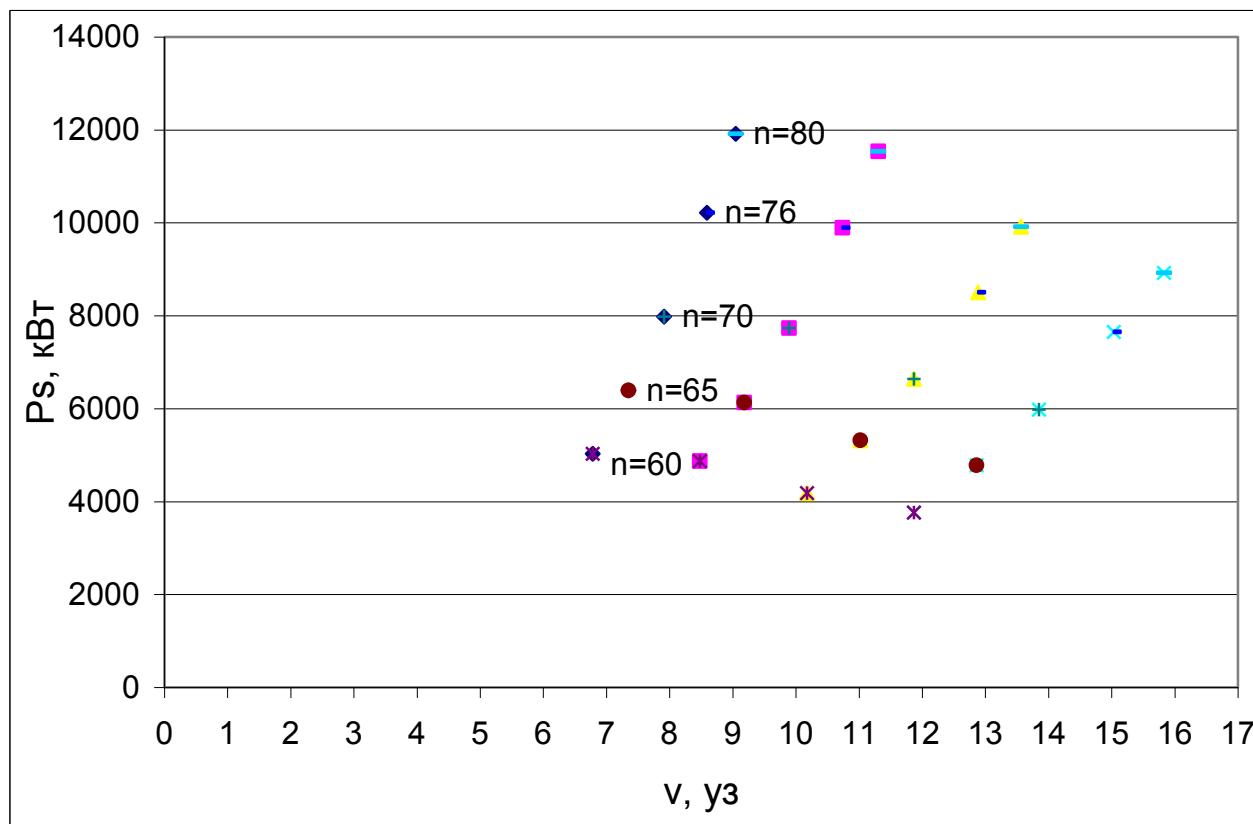
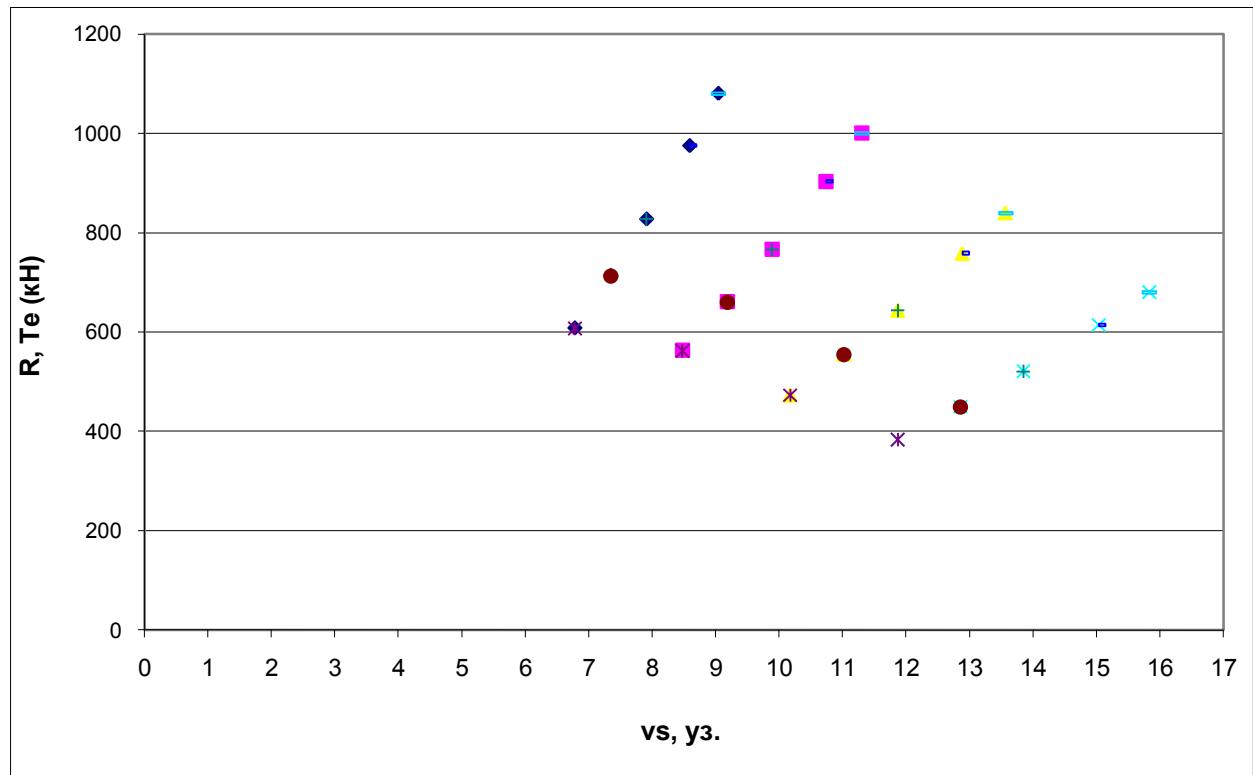


Рис.5.4 Паспортная диаграмма

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фабл.	Подп. и дата

BKRБ-26.03.02-0096-18

Лист

Глава 6. Разработка принципиальной технологии постройки.

- 6.1 Подготовка производства к постройке судна.
- 6.2 Организация постройки.
- 6.3 Выбор метода формирования частей судна.
- 6.4 Разбивка корпуса судна на секции
- 6.5 Расчет массы корпуса.
- 6.6 Нормирование трудоемкости по массе конструкции.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Агаев Р.Т.			
Пров.	Пичугин Д.А.			
Руковод.	Пичугин Д.А.			
Н. Контр.	Чеченев А.В.			
Утврд.	Рубан А.Р.			

*Разработка
принципиальной
технологии постройки*

BKRB-26.03.02-0096-18

Лит. Лист Листов

АГТУ

6.1 Подготовка производства к постройке.

Очень важную роль при постройке судна играет своевременная и тщательная подготовка производства.

Подготовку производства в судостроении можно условно разделить на три вида: конструкторскую, материально-техническую и планово-технологическую. Подготовку начинают задолго до начала постройки. В настоящее время средняя продолжительность постройки серийного транспортного судна от момента закладки до сдачи составляет около 8—10 месяцев. Меньший срок постройки требует особенно тщательной и заблаговременной подготовки, которая может занимать от 6 месяцев до 1 года и больше, считая с момента получения технического проекта судна и до момента закладки корпуса. Ускоренная постройка может оказаться экономически совершенно невыгодной из-за низкой производительности труда большого числа рабочих, мешающих друг другу.

Объем и содержание подготовки к постройке заказанного судна могут быть различными. Они зависят от типа судна, его сложности, объема строящейся серии и заданных сроков постройки.

Конструкторская подготовка состоит в разработке спецификаций, рабочих чертежей, заказных ведомостей и программ испытаний. В качестве основы для разработки принимается утвержденный заказчиком технический проект судна или же чертежи судна-прототипа, в которые заводу

В ряде случаев в период конструкторской подготовки приходится проводить опытные работы, например испытания моделей корпуса в бассейне, макетирование отдельных отсеков и помещений, испытания отдельных опытных конструкций и узлов и т. д. Естественно, эти опытные работы и исследования усложняют и удлиняют подготовку производства к постройке.

Материально-техническая подготовка производства состоит в размещении заказов на все основные материалы, предусмотренные заказными ведомостями, а также на «технологические» материалы и на судовое оборудование, которое изготавливается на стороне, а не в цехах самой верфи.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

В отличие от основных материалов, из которых изготавливают объекты производства, «технологическими» или вспомогательными называют те материалы, которые необходимы для технологического процесса. К ним, например, относятся: защитные газы и флюсы для сварки, металл для лесов, постелей и другой оснастки, лес для опорных и спусковых устройств и прочее.

Заказы оформляют договорами с поставщиками на основе фондов, выделяемых заводу планирующими организациями.

Материалы и оборудование поступают на завод постепенно и хранятся в отделениях на складах, до момента их использования. Сроки хранения на складах должны быть минимальными, чтобы средства не омертвлялись.

Планово-технологическая подготовка производства имеет целью разработать планы постройки по срокам, установить, как именно должна выполняться постройка всего судна и составляющих его частей, какое оборудование и средства производства необходимы для постройки, какое количество труда работников разных профессий должно быть затрачено и какие потребуются технологические материалы и виды энергии. В ходе планово-технологической подготовки, которая занимает обычно от 3 до 6 месяцев, разрабатывают следующие группы документов:

- 1) технологический план постройки (обычно укрупненный) с расчетом трудоемкости;
- 2) генеральный график постройки, а при серийной постройке — стапельное расписание;
- 3) принципиальные и рабочие технологические процессы изготовления отдельных наиболее сложных изделий или выполнения операций (инструкции);
- 4) заказы на необходимое оборудование и чертежи оснастки, приспособлений и специальных инструментов.

В планово-технологическую подготовку производства входит также и изготовление спроектированных приспособлений, оборудования и специальных инструментов, необходимых для постройки. Изготовление этой технологической

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

оснастки чаще поручается вспомогательным цехам верфи — инструментальному, модельному и другим.

В данном случае (при постройке судна раздельным методом) подготовка производства играет даже большую роль чем обычно в связи с нетрадиционной постройкой и большими габаритами судна. В первом приближении подготовка к постройке такого танкера займет около шести месяцев, что позволит сократить сроки постройки.

Подготовительная стадия обычно не включает технологических процессов, а сводится к накоплению на складах материалов и оборудования, необходимого для постройки, одновременно с ней производится разнообразная подготовка производства.

На заготовительной стадии заготавливают все то оборудование и части корпуса, которые в дальнейшем образуют судно. Изготовление узлов, секций, блоков секций и строительных районов корпуса из отдельных деталей принято называть предварительной сборкой корпуса судна. Она входит в стадию корпусосборочную, которая заканчиваетсястыковкой судна на воде.

На стадии монтажно-достроечной обычно выполняют монтаж механизмов и оборудования судна. Достроочными принято называть различные работы, выполняемые в сформированной части корпуса судна, в том числе: установку устройств, дельных вещей, внутренних выгородок, изоляцию и отделку помещений, трубопроводные, электромонтажные и прочие работы. Ранее эти работы всегда выполняли после спуска, и поэтому пребывание судна с момента спуска до сдачи называлось достроенным периодом, в отличие от построечного, т. е. нахождения судна на стапеле. Теперь эти работы выполняют сразу по мере формирования корпуса.

На сдаточной стадии проверяют и испытывают действие всех устройств, оборудования и механизмов судна и его ходовые качества. Эти проверки и испытания проводятся по согласованным программам под наблюдением представителей наблюдающих организаций, а иногда и представителей заказчика.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Не следует считать, что стадии постройки всегда осуществляются строго последовательно одна за другой. Вследствие большого разнообразия работ, выполняемых на судне и при изготовлении его частей и оборудования, некоторые стадии постройки перекрывают одна другую по времени или даже осуществляются одновременно. Это особенно относится к корпусосборочной и монтажно-достроечной стадиям. Для сокращения общей продолжительности постройки монтаж механизмов и оборудования стремятся начать на возможно более раннем этапе формирования корпуса. Сдаточную стадию также стремятся начинать, возможно, раньше для того, чтобы к моменту окончания монтажно-достроечной стадии больше механизмов, устройств и оборудования судна уже было испытано и считалось принятым.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

6.2 Организация постройки судна.

Методы организации постройки корпуса на построечном месте различны.

Крупные суда обычно собирают на построечном месте, состоящем из одной позиции, с него же производят и спуск. В данном случае технология немного иная. На построечном месте формируют части судна, спуск которых производится с этого же построечного места при помощи передаточного дока. Затем частистыкуют. Герметизация монтажного стыка обеспечивается кессоном.

В некоторых случаях, при расположении частей судна на одной линии горизонтального стапеля без разрыва между ними, предварительноестыкование и подгонка монтажных сечений на стапеле могут оказаться нецелесообразными или невозможными из-за большого смещения в сроках их постройки и необходимости спуска на воду опережающей части до того, как будет сформирована вторая часть судна. Невозможно также предварительноестыкование частей судна, формируемых поочередно на наклонных стапелях или в доках. В данном же случае предварительноестыкование и подгонка монтажных сечений будет производиться на стапеле в полном объеме. Это приведет к увеличению сроков постройки судна, но сократит до минимума объем работ, выполняемых на плаву, таким образом, сократится трудоемкость и необходимость привлечения к строительству высококлассных специалистов.

В объем подготовительных работ кстыкованию на плаву или в доке, выполняемых в процессе раздельного формирования частей корпуса, кроме основной операции по подгонке монтажных кромок друг к другу, входят также:

- 1) крепление к корпусу частей судна деталей для установки стягивающих, тормозных и герметизирующего устройств, а также для крепления бортовых швартовных тросов;
- 2) установка на обеих частях судна фиксирующих и центрирующих устройств;
- 3) установка на обеих частях судна оснастки для контрольно-измерительных приборов;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

4) установка на одной или обеих частях судна технологических полупереборок для образования технологического отсека (если он предусмотрен проектомстыкования). Пристыковании в доке необходимость в установке технологических полупереборок для создания концевых плавучих объемов может возникнуть из условий уменьшения дифферента при спуске на воду и последующей дифферентовки частей судна на ровный киль перед вводом их в док;

5) нанесение временных марок углублений на обеих частях судна в районе монтажного стыка;

6) нанесение шкалы уровней балласта (или выставление мерных реек) в монтажном отсеке и отсеках, намечаемых для приема балласта.

В подготовительные работы кстыкованию на плаву, выполняемые вне формируемых частей судна, входят:

а) обеспечение необходимой глубины дна акватории в месте проведениястыкования;

б) изготовление специальных кранцев для установки частей судна к стенке набережной и подготовка плавсредств (буксиров, барж, pontонов, водолазного бота и др.) для установки частей судна на периодстыкования;

в) обеспечение районастыкования всеми необходимыми энергокоммуникациями и средствами связи;

г) выставление в районестыкования со стороны бухты оградительных знаков;

д) изготовление герметизирующего устройства с комплектом рабочих приспособлений;

е) подготовка стягивающих, тормозных и водоотливных средств (выполняется также и пристыковании в доке).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

6.3 Выбор метода формирования частей судна.

Характерная особенность постройки танкера дедвейтом 70000 тонн состоит в том, что он разбивается на две части, раздельно спускаемые на воду. Важнейшей особенностью формирования корпуса частей судна, постройка которого осуществляется раздельным методом, является применение более жестких допусков на постройку концевых участков, примыкающих к монтажному стыку, с целью получения хорошей сходимости монтажных сечений. В остальном требования к формированию стыкуемых частей судна не отличаются от предъявляемых при обычных методах постройки корпусов судов.

Регламентация постройки судов раздельным методом осуществляется нормативными документами, принятыми в последнее время классификационными обществами различных стран в дополнение к правилам постройки судов обычными методами. Этими документами установлены примерно одинаковые величины допускаемых отклонений для взаимного положения главных контрольных плоскостей частей судна —диаметральной и основной — и идентичных (сопрягаемых) точек монтажных сечений.

Согласно принятым нормам настыкование частей судна, сходимость их во время контрольной проверки на стапеле и при последующемстыковании на плаву (в доке) должна быть обеспечена в следующих допусках:

- а) по крену допуск на несовпадение контрольных линий, нанесенных на наружной обшивке обоих бортов ± 3 мм;
- б) по дифференту допуск на отклонение от основной плоскости ± 3 мм;
- в) по диаметральной плоскости допуск на несовпадение обозначающих ее линий ± 3 мм.

Судно делится на несколько строительных районов, к которым применяются уже привычные методы постройки.

Применяют несколько способов формирования, цель которых уменьшить общие сварочные деформации, создать условия для широкого фронта работ по сборке судна и значительно сократить общую длительность его постройки. Применяют три способа формирования корпуса.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Блочный способ формирования применяют в случае:

- для серийной постройки судов, окупдающей металлоемкую оснастку для сборки блоков с криволинейными обводами;
- для судов с малым коэффициентом общей полноты, то есть без или с малой длиной цилиндрической вставки;
- для однопалубных или двухпалубных судов, подгонка блоков на которых сравнительно проста;
- на горизонтальных построенных местах, обеспечивающих наиболее простой способ транспортировки блоков;
- при повышенных требованиях к точности собираемых конструкций;
- при необходимости использовать менее квалифицированную рабочую силу;

Секционный способ формирования применяют в случае:

Единичной и мелкосерийной постройки судов, требующей оснастки с минимальной металлоемкостью;

- для крупных многопалубных судов;
- для судов со значительным коэффициентом общей полноты, то есть с цилиндрической вставкой;
- сборки корпуса на наклонных стапелях, транспортировка блоков на которые затруднена;
- при нехватке производственных площадей для сборки блоков.

Блочно-секционный способ формирования как комбинацию:

Криволинейные оконечности собирают из блоков, а длинную цилиндрическую вставку корпуса собирают из простых плоских секций, применяют в случае:

- мелкосерийности постройки судов, характерной небольшой металлоемкостью оснастки;
- для судов с большим коэффициентом общей полноты, то есть с длинной цилиндрической вставкой.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

С учетом особенностей корпуса крупнотоннажного танкера (такие как большая длина цилиндрической вставки, большой коэффициент общей полноты, наличие единственной палубы), единичности постройки и условий завода-строителя для танкера принимается блочно-секционный способ формирования корпуса судна. Такой способ является, пожалуй, наиболее приемлемым в данном случае, так как помимо причин, перечисленных выше, критерием для выбора способа формирования корпуса является ограниченная масса частей судна, собираемых в корпуссоборочном цеху. Пролет цеха обслуживается двумя мостовыми кранами грузоподъемностью 50 тонн каждый. Таким образом, масса секции, вывозимой из корпуса на стапель ограничена ста тоннами.

Рассмотрим особенности сборки блоков секций и формирования корпуса из них.

При формировании блоков:

- 1) необходимо обеспечить устойчивое положение и закрепление свободных концов отдельных секций у монтажных стыков в процессе формирования блока;
- 2) проверка формы и размеров блока, а также обводов кромок, подлежащих соединению в последующем со смежными блоками и конструкциями судна, должна производиться с повышенной точностью;
- 3) для соединения связей со смежным блоком продольные швы на длине около 0,6 - 1 м от монтажного стыка оставляют не заваренными. Эти замыкающие участки швов выполняют после окончания сварки стыков между блоками после ихстыкования на построечном месте.

При технологических процессах изготовления блоков на построечном месте из секций соблюдается такая последовательность работ:

- 1) устанавливаем и проверяем днищевые секции, подгоняем стыки между ними и секции раскрепляем растяжками за тележки;
- 2) свариваем монтажные стыки днищевых секций;
- 3) устанавливаем поперечные переборки;
- 4) устанавливаем и закрепляем на прихватках после проверки бортовые секции;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

- 5) устанавливаем при необходимости монтажные рамы на концах блока;
- 6) устанавливаем палубные секции;
- 7) после проверки положения всех собранных секций свариваем пазы между днищевыми, бортовыми и палубными секциями, а затем привариваем к ним поперечные переборки;
- 8) устанавливаем внутренние конструкции в блоке (фундаменты, шахты и прочее);
- 9) испытываем сварные швы и блок на непроницаемость.

Последовательность сборки сводится к следующему:

- 1) Подача базового блока на построечное место по рельсовым путям на тележках.

Базовый блок, с которого начинается формирование корпуса, выбирается на основе проработки всего технологического процесса постройки корпуса. В большинстве случаев очерёдность сборки диктуется стремлением возможно быстрее приступить к тем монтажным работам, которые обусловлены стыкованием блоков между собой; при постройке многих судов сборка корпуса начинается с блока, расположенного в корме, либо - от миделевого. Базовым блоком проектируемого судна будет являться кормовой блок машинного отделения.

2) Установка базового блока с проверкой по диаметральной плоскости и по высоте от основной линии на тех же тележках грузоподъёмностью 24т каждая;

3) Подача двух примыкающих блоков в нос и в корму от базового на расстояние 50 - 150 мм между соединяемыми кромками и установка их по ДП и по высоте от основной линии соответственно блоку 1.

4) Причерчивание стыкуемых связей блоков; обрезка припусков по кромкам наружной обшивки, палуб, продольной переборки, настила второго дна, вертикального киля и других продольных связей; разделка кромок под сварку.

5) Сближение и доводочное перемещение блоков стыкуемых блоков с базовым блоком на тележках или на подвижных опорах с помощью винтовых или гидравлических стяжек. Окончательная проверка положения, подгонка по

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

VKRB-26.03.02-0096-18

Лист

кромкам, прихватка по монтажным стыкам с подгонкой и обжатием концов балок продольного набора.

6) Сварка стыков листов наружной обшивки и палуб изнутри корпуса, а затем снаружи.

7) Сварка стыков настила второго дна, вертикального киля, стрингеров и карлингсов.

8) Сварка оставленных ранее на предварительной сборке участков продольных швов киля, стрингеров и карлингсов с листами обшивки и настила второго дна и с листами палубы в районах монтажного стыка.

9) Подготовка и сварка монтажных стыков следующих очередных блоков в нос.

10) Установка блока надстроек, проверка его положения и причерчивание нижних кромок.

11) Обрезка припусков по нижней кромке блока надстроек; окончательная установка блока надстроек и прихватка его к палубе.

Проверку положения блоков пристыковании можно производить либо простейшими методами - по отвесам и шланговым уровням или с помощью оптических приборов.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

6.4 Разбивка корпуса судна на секции.

Выполним разбивку корпуса судна на секции исходя из условия их изготовления в сборочно-сварочном цехе судостроительного завода «АСПО» [10]. Характеристика цеха: пролет (ширина между осями колонн) 50 м; грузоподъемность мостовых кранов 100 т; высота крюка крана в верхнем положении от пола цеха 30 м; габариты ворот между цехом сборки блоков: ширина 30 м, высота 26 м [10].

Корпус разделяется на блоки и секции кольцевым монтажными стыками, параллельными плоскостям шпангоутов. Существуют определенные принципы размещения кольцевых монтажных стыков. КМС всегда сдвинут от шпангоута на расстояние 1/5 до 1/3 шпации. Это расстояние – отступ округляют до значений 150, 200, 250, но не больше 300 мм. КМС никогда не назначают посередине шпации, так как при таком расположении местные сварочные деформации будут максимальны. В данном случае шпация на большей длине судна равна одному метру, таким образом, отступ принимаем равным 200мм. При сборке корпуса в первую очередь размещают кольцевой монтажный стык (КМС) в районе машинного отделения таким образом, чтобы блок МО был закрыт переборками с обоих торцов. Почти всегда замкнутыми являются оконечности-форпик и ахтерпик. В большинстве блоков должна предусматриваться хотя бы одна поперечная переборка, придающая блоку секций жесткость. Переборку лучше расположить ближе к торцу. Разбивка корпуса на блоки секций производится следующим образом. КМС назначены так, чтобы в каждом блоке находилась поперечная переборка. Расположение КМС изображено на схеме разбивки корпуса на секции на боковом виде.

Каждый блок секций по днищу поделен на две составляющие по длине и по ширине, что связано с ограничением на массу секций. Паз между днищевыми и бортовыми секциями располагается на 100 мм выше днишного дна. Секции палубы по длине равны расстоянию между КМС, а по ширине поделены пополам. В разбивке палубных секций на отдельные составляющие по примеру борта и днища нецелесообразно, так как масса секции и ее габариты позволяют без

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подл. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

BKRБ-26.03.02-0096-18

Лист

проблем транспортировать данные секции. Это касается также секций поперечных и продольной переборок. Простираются от борта до борта и от КМС. Границами поперечных переборок являются палубные и бортовые кромки, а также настил второго дна.

Что касается оконечностей и надстройки, то они тоже поделены на секции, которые по возможности включают в себя платформы и переборки. Объем боковой надстройки выделен в отдельную секцию, также поделенную пополам.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

6.5 Расчет массы корпуса.

С помощью программы Sea Solution рассчитаем массы и габариты всех секций блоков.

Масса секции определяется как произведение массы наружной обшивки на коэффициент k , (таблица 7.1), учитывающий массу набора, равномерно распределенную по поверхности секции. Для всех типов секций меньшие значения коэффициентов должны применяться к судам облегченной конструкции; большие - к судам с усиленным набором корпуса (морским, ледового плавания). Данный метод расчета масс обеспечивает точность 10-15%, чего вполне достаточно на этапе разработки принципиальной технологии.

Таблица 6.1. Коэффициенты учета массы набора и других внутренних элементов конструкций секций.

Типы секций	Коэффициент k	Рекомендуемая область применения
Переборки, палубы и платформы	1.1-1.4	Одинарные конструкции корпуса, надстройки
Секции борта	1.2-1.8	Меньшие значения коэффициента-для одинарных секций борта, большие-для двойных
Секции днища	1.5-2.2	Меньшие значения коэффициента-для секций без второго дна, большие-для двойных
Объемные высокобортные секции	2.0-2.5	Для секций, содержащих переборки и настилы.

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Расчет массы секций выполнен в форме таблицы 3.2.

Таблица 6.2. Расчет массы секций

№	Тип и границы	Толщина, м	Ширина, м	Высота, м	Длина, м	Масса обшивки, Тонны	Коэффиц.	Масса секции, Т
Блок 1: 254-279шп								
301	Объемная секция ПБ	0.014	10.3	5.4	7.4	17.1	2.4	41.1
302	Объемная секция ПБ	0.014	13.4	9	7.4	29.4	2.4	70.6
303	Объемная секция ПБ	0.014	8	8.2	4.4	14.1	2.4	33.8
304	Объемная секция ЛБ	0.014	10.3	5.4	7.4	17.1	2.4	41.1
305	Объемная секция ЛБ	0.014	13.4	9	7.4	29.4	2.4	70.6
306	Объемная секция ЛБ	0.014	8	8.2	4.4	14.1	2.4	33.8
Масса блоков левого и правого борта								291.1
Блок 2: 231-254шп								
307	Днищевая секция ПБ	0.016	13.5	2	11	37.3	1.9	70.9
308	Днищевая секция ПБ	0.016	10	2	7.1	17.8	1.9	33.9
309	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	11	32.2	1.7	54.7
310	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	11	32.2	1.7	54.7
311	Палубная секция ПБ	0.014	16.1		22.4	39.6	1.2	47.6
312	Секция платформы1 МО ПБ	0.02	11		14.75	15.3	1.2	18.3
313	Секция платформы2 МО ПБ	0.02	11		14.75	15.3	1.2	18.3
314	Секция поп.переб ПБ 254шп	0.02	13.3		14.75	18.5	1.2	22.2
315	Секция поп.переб ПБ 232шп	0.02	13.3		14.75	18.5	1.2	22.2
316	Днищевая секция ЛБ	0.016	13.5	2	11	37.3	1.9	70.9
317	Днищевая секция ЛБ	0.016	10	2	7.1	17.8	1.9	33.9
318	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	11	32.2	1.7	54.7
319	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	11	32.2	1.7	54.7
320	Секция платформы1 МО ЛБ	0.012	11		14.75	15.3	1.2	18.3
321	Секция платформы2 МО ЛБ	0.012	11		14.75	15.3	1.2	18.3
322	Палубная секция ЛБ	0.014	16.1		22.4	39.6	1.2	47.6
323	Секция поп.переб ЛБ 254шп	0.02	13.3		14.75	18.5	1.2	22.2
324	Секция поп.переб ЛБ 232шп	0.02	13.3		14.75	18.5	1.2	22.2
Масса блоков левого и правого борта								685.4
Блок 3: 208-231шп								
325	Днищевая секция ПБ	0.016	14.8	2	12	44.6	1.9	84.8
326	Днищевая секция ПБ	0.016	15.3	2	12	46.1	1.9	87.6
327	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
328	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
329	Палубная секция ПБ	0.014	16.1		25	44.2	1.2	53.1
330	Секция прод. Переб.	0.02	13.3		24	50.1	1.2	60.1
331	Секция поп.переб ПБ 229шп	0.02	13.3		14.75	18.5	1.2	22.2
332	Секция поп.переб ПБ 208шп	0.02	13.3		14.75	30.8	1.2	37.0
333	Днищевая секция ЛБ	0.016	14.8	2	12	44.6	1.9	84.8
334	Днищевая секция ЛБ	0.016	13.3	2	12	40.1	1.9	76.2
335	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
336	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
337	Палубная секция ЛБ	0.014	16.1		25	44.2	1.2	53.1
338	Секция поп.переб ЛБ 229шп	0.02	13.3		14.75	18.5	1.2	22.2
339	Секция поп.переб ЛБ 208шп	0.02	13.3		14.75	30.8	1.2	37.0
Масса блоков левого и правого борта								856.4
Блок 4: 184-208шп								
401	Днищевая секция ПБ	0.016	15.8	2	12	47.6	1.9	90.5

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата
--------------	--------------	-------------	--------------	--------------

Лист

VKRB-26.03.02-0096-18

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Продолжение таблицы 3.2.

402	Днищевая секция ПБ	0.016	16	2	12	48.2	1.9	91.6
403	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
404	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
405	Палубная секция ПБ	0.014	16.3		23.4	41.9	1.2	50.3
406	Секция прод. Переб.	0.02	13		24	49.0	1.2	58.8
407	Секция поп.переб ПБ 184шп	0.02	13.3		14.75	30.8	1.2	37.0
408	Днищевая секция ЛБ	0.016	15.8	2	12	47.6	1.9	90.5
409	Днищевая секция ЛБ	0.016	16	2	12	48.2	1.9	91.6
410	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
411	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
412	Палубная секция ЛБ	0.014	16.3		23.4	41.9	1.2	50.3
413	Секция поп.переб ЛБ 184шп		13.3		14.75	30.8	1.2	37.0
	Масса блоков левого и правого борта							836.1
	Блок 5: 160-184 шп							
414	Днищевая секция ПБ	0.016	16.1	2	12	48.5	1.9	92.2
415	Днищевая секция ПБ	0.016	12	2	16.75	50.5	1.9	95.9
416	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
417	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
418	Секция поп.переб ПБ 160шп	0.02	13.3		16.75	35.0	1.2	42.0
419	Днищевая секция ЛБ	0.016	16.1	2	12	48.5	1.9	92.2
420	Днищевая секция ЛБ	0.016	12	2	16.75	50.5	1.9	95.9
421	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
423	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
424	Секция поп.переб ЛБ 160шп	0.02	13.3		16.75	35.0	1.2	42.0
425	Палубная секция ПБ	0.014	16.5		24	43.5	1.2	52.2
426	Секция прод. Переб.	0.02	13		24	49.0	1.2	58.8
427	Палубная секция ЛБ	0.014	16.5		24	43.5	1.2	52.2
	Масса блоков левого и правого борта							862.0
	Блок 6: 136-160шп							
201	Днищевая секция ПБ	0.016	12	2	16.75	50.5	1.9	95.9
202	Днищевая секция ПБ	0.016	12	2	16.75	50.5	1.9	95.9
203	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
204	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
205	Секция поп.переб ПБ 136шп	0.02	13.3		14.75	30.8	1.2	37.0
206	Палубная секция ПБ	0.014	16.5		24	43.5	1.2	52.2
207	Секция прод. Переб.	0.02	13.3		24	50.1	1.2	60.1
208	Днищевая секция ЛБ	0.016	12	2	16.75	50.5	1.9	95.9
209	Днищевая секция ЛБ	0.016	12	2	16.75	50.5	1.9	95.9
241	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
211	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
212	Секция поп.переб ЛБ 136шп	0.02	13.3		14.75	30.8	1.2	37.0
213	Палубная секция ЛБ	0.014	16.5		24	43.5	1.2	52.2
	Масса блоков левого и правого борта							860.8
	Блок 7: 112-136 шп							
214	Днищевая секция ПБ	0.016	12	2	16.75	50.5	1.9	95.9
215	Днищевая секция ПБ	0.016	12	2	16.75	50.5	1.9	95.9
216	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
217	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
218	Секция поп.переб ПБ 112шп	0.02	13.3		14.75	30.8	1.2	37.0
219	Палубная секция ПБ	0.014	16.5		24	43.5	1.2	52.2
220	Секция прод. Переб.	0.02	13.3		24	50.1	1.2	60.1

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подл. и дата
--------------	--------------	-------------	--------------	--------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист
------	------	----------	-------	------	------

VKRB-26.03.02-0096-18

Продолжение таблицы 3.2.

221	Днищевая секция ЛБ	0.016	12	2	16.75	50.5	1.9	95.9
222	Днищевая секция ЛБ	0.016	12	2	16.75	50.5	1.9	95.9
223	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
224	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
225	Секция поп.переб ЛБ 112шп	0.02	13.3		14.75	30.8	1.2	37.0
226	Палубная секция ЛБ	0.014	16.5		24	43.5	1.2	52.2
	Масса блоков левого и правого борта							860.8
Блок 8: 88-112								
227	Днищевая секция ПБ	0.016	16	2	12	48.2304	1.9	91.64
228	Днищевая секция ПБ	0.016	15.2	2	12	45.8	1.9	87.1
229	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.9	66.7
230	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.9	66.7
231	Секция поп.переб ПБ 88шп	0.02	13.3		14.75	30.8	1.2	37.0
232	Палубная секция ПБ	0.014	16.5		24	43.5	1.2	52.2
233	Секция прод. Переб.	0.02	13.3		24	50.1	1.2	60.1
234	Днищевая секция ЛБ	0.016	16	2	12	48.2	1.9	91.6
235	Днищевая секция ЛБ	0.016	15.2	2	12	45.8	1.9	87.1
236	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
237	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	12	35.1	1.7	59.6
238	Секция поп.переб ЛБ 88шп	0.02	13.3		14.75	30.8	1.2	37.0
239	Палубная секция ЛБ	0.014	16.5		24	43.5	1.2	52.2
	Масса блоков левого и правого борта							848
Блок 9: 54-88								
101	Днищевая секция ПБ	0.016	15.1	2	12	45.5	1.9	86.5
102	Днищевая секция ПБ	0.016	14	1	12.7	44.7	1.9	84.9
103	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	12	31.7	1.7	53.8
104	Секция поп.переб ПБ 54шп	0.02	13.3		13.6	28.4	1.2	34.1
105	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	12.7	33.5	1.7	56.9
106	Палубная секция ПБ	0.014	16.3		24	43.0	1.2	51.6
107	Секция прод. Переб.	0.02	13		24	49.0	1.2	58.8
108	Днищевая секция ЛБ	0.016	15.1	2	12	45.5	1.9	86.5
109	Днищевая секция ЛБ	0.016	14	2	12.7	44.7	1.9	84.9
110	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	12	31.7	1.7	53.8
111	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	12.7	33.5	1.7	56.9
112	Секция поп.переб ЛБ 54шп	0.02	13.3		13.6	28.4	1.2	34.1
113	Палубная секция ЛБ	0.014	16.3		24	43.0	1.2	51.6
	Масса блоков левого и правого борта							794.3
Блок 10: 22-54								
114	Днищевая секция ПБ	0.016	12.9	3	10.5	38.0	1.9	72.2
115	Днищевая секция ПБ	0.016	12.9	3	10.5	38.0	1.9	72.2
116	Днищевая секция ЛБ	0.016	12.9	3	10.5	38.0	1.9	72.2
117	Днищевая секция ЛБ	0.016	12.9	3	10.5	38.0	1.9	72.2
118	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	10.5	30.1	1.7	51.2
119	Бортовая секция ПБ	0.014	2	15.3	10.5	30.1	1.7	51.2
120	Секция поп.переб ПБ 24шп	0.02	11.3		10	17.7	1.2	21.3
121	Палубная секция ПБ	0.014	14.9		23	37.7	1.2	45.2
122	Секция прод. Переб.	0.02	11.3		24	42.6	1.2	51.1
123	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	10.5	30.1	1.7	51.2
124	Бортовая секция ЛБ	0.014	2	15.3	10.5	30.1	1.7	51.2
125	Секция поп.переб ЛБ 24шп		11.3		10	17.7	1.2	21.3
126	Палубная секция ЛБ	0.014	14.9		23	37.7	1.2	45.2

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата
--------------	--------------	-------------	--------------	--------------

Лист

VKRB-26.03.02-0096-18

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

125	Секция поп.переб ЛБ 24шп		11.3		10	17.7	1.2	21.3
126	Палубная секция ЛБ	0.014	14.9		23	37.7	1.2	45.2
	Масса блоков левого и правого борта							868.7
	Блок 11: -16-22шп							
127	Днищевая об.сек ПБ	0.014	12.5	5	7.8	25.0	2.4	60.0
128	Объемная секция ПБ	0.014	8	5.2	11.2	20.8	2.4	50.0
129	Объемная секция ПБ	0.014	9	5.1	12.8	24.9	2.4	59.7
130	Секция бака ПБ	0.014	10	3.6	11	20.4	2.4	49.0
131	Переборка 20 шп ПБ	0.012	13.3		8	10.0	2.4	24.1
132	Днищевая об.сек ЛБ	0.014	12.5	5	7.8	25.0	2.4	60.0
133	Объемная секция ЛБ	0.014	8	5.2	11.2	20.8	2.4	50.0
134	Объемная секция ЛБ	0.014	9	5.1	12.8	24.9	2.4	59.7
135	Секция бака ЛБ	0.014	10	3.6	11	20.4	2.4	49.0
136	Переборка 20 шп ЛБ	0.012	13.3		8	10.0	2.4	24.1
137	Объемная секция	0.014	8	7.2	9.2	21.8	2.4	52.4
	Масса блоков левого и правого борта							485.3
	Надстройка							
501	Секция рубки	0.005	15	3.5	8	11.0	1.4	15.4
502	Секция надстройки 5яруса	0.005	21	3	10.5	16.1	1.4	22.5
503	Секция надстройки 6яруса	0.005	21	3	10.5	16.1	1.4	22.5
504	Секция надстройки 4яруса	0.005	21	3	10.5	16.1	1.4	22.5
505	Секция надстройки 3яруса	0.005	21	3	10.5	16.1	1.4	22.5
506	Секция надстройки 2яруса	0.005	21	3	10.5	16.1	1.4	22.5
507	Секция надстройки 3яруса	0.005	12	4.5	12.6	14.6	1.4	20.5
508	Секция надстройки 2яруса	0.005	19	3	7.3	11.6	1.4	16.3
509	Секция надстройки 2яруса	0.005	19	3	9	13.3	1.4	18.6
510	Секция надстройки 1яруса	0.005	21	3	10.5	16.1	1.4	22.5
511	Секция надстройки 1яруса	0.005	19	3	7.3	11.6	1.4	16.3
512	Секция надстройки 1яруса	0.005	19	3	9	13.3	1.4	18.6
	Масса блоков левого и правого борта							240.8
	Масса корпуса							8490

Сопоставляя габариты и массу секций с показателями сборочно-сварочного цеха, можно сделать выводы:

1. Габариты секций позволяют транспортировать их через ворота;
2. Минимальные габариты секций позволяют осуществить их перекантовку в пролете цеха;
3. Массы секций соответствуют грузоподъемности кранов.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

6.6 Нормирование трудоемкости по массе конструкций.

Масса конструкций является основным показателем при укрупненном нормировании корпусозаготовительных, сборочно-сварочных работ и стапельной сборке судна. Другим важным показателем является трудоемкость, выражаяющаяся в нормочасах на одну тонну конструкций. Этот показатель различен для всех типов судов и заводов. Будем использовать данные, опубликованные в

Трудоемкость постройки судна, измеряемая в нормочасах, равна:

$$T_p = M * T_y \quad (3.1),$$

Где M -масса корпуса, вычисленная в таблице 3.2

T_y - удельная трудоемкость .

T_y определяется пересчетом с данных удельной трудоемкости судна-прототипа.

Учет конструктивных особенностей, величины судна и технического уровня предполагаемого завода-строителя производится по формуле:

$$T_y = T_{up} * K_{kc} * K_{ct} * K_{mb} \quad (3.2)$$

Где T_{up} - удельная трудоемкость по прототипу $T_{up}=64$ нчасов/т. [6]

K_{kc} -коэффициент, учитывающий изменения удельной трудоемкости постройки судна в зависимости от его конструкции. $K_{kc}=0,8$ [6]

Здесь K_{kc} – коэффициент, учитывающий изменение удельной трудоемкости постройки судна в зависимости от его конструкции.

K_{ct} - коэффициент, учитывающий изменение удельной трудоемкости постройки судна в зависимости от номера судна в серии:

$$K_{ct} = K_{n \text{ строящего судна}} / K_{n \text{ прототип}} ; \quad (3.3)$$

Для учета порядкового номера строящего судна в серии прототипом служит танкер. Согласно примечанию к таблице 4 [6], трудоемкость его постройки соответствует восьмому судну в серию. По табл. 6 [6], $K_{n \text{ прототип}} = K_{n=8} = 1,24$. Расчетное судно -№1.

$$K_{n \text{ строящего судна}} = K_{n=1} = 2,15. \text{ Тогда}$$

$$K_{ct} = K_{n \text{ строящего судна}} / K_{n \text{ прототип}} = 2,15 / 1,24 = 1,73.$$

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подл. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подл.	Дата

VKRБ-26.03.02-0096-18

Лист

K_{MB} коэффициент, учитывающий изменения удельной трудоемкости постройки судна в зависимости от уровня механизации и автоматизации производства на заводе $K_{MB}=1,3$ [6]

Рассчитываем удельную и полную трудоемкости постройки судна. Окончательно удельная трудоемкость постройки танкера судна, годового в серии будет равна:

$$T_y = 64 * 0,8 * 1,73 * 1,3 = 115,5 \text{ часов/т}$$

$$T_p = 8490 * 115,8 = 980955 \text{ часов}$$

Вычисление трудоемкости по видам работ произведен в форм табл.3.3

Таблица 6.3. Расчет трудоемкости по видам работ

Виды работ	Трудоемкость	
	в%	в часах
Плазовые работы	0.2	1962
Предварительная правка, очистка и грунтовка	0.4	3924
Обработка корпусных деталей	3.9	38257
Заготовительные работы	4.5	44143
Изготовление узлов и секций корпуса из стали	10.6	103981
Продолжение таблицы 3		
Изготовление конструкций из легких сплавов	2.7	26486
Грунтовка и сушка секций	1.06	10398
Изготовление конструкций из синтетических материалов	1.8	17657
Сборочно-сварочные работы	16.16	158522
Сборочно-монтажные работы на стапеле	42	412001
Сборка блоков и корпуса	42	412001
Изготовление слесарно-корпусных деталей и изделий	5.3	51991
Изготовление деталей и узлов трубопровода	4.6	45124
Хим. Очистка, оцинковка, бакелитирование и грунтовка труб	0.5	4905
Обработка и изготовление деталей и изделий из дерева	2.2	21581
Гальванические покрытия	0.4	3924
Монтаж оборудования и систем	13	127524
Приготовление красок, мастик и шпаклевок	0.4	3924
Такелажно-парусные заготовительные работы	0.14	1373
Заготовка деталей теплозвуковиброзоляции в цехе	0.95	9319
Монтаж теплозвуковиброзоляции на судне	3.35	32862

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист

Малярно-изоляционные работы	4.84	47478
Электромонтажные работы	4.35	42672
Монтаж приборов контроля и автоматики	1.05	10300
Электрорадиомонтаж	5.4	52972
Достройка на плаву, испытания и сдача судна заказчику	14.1	138315
Всего	100	980955

Основанием для расчета является процентная разбивка трудоемкости по видам работ для судна-прототипа и определенная ранее трудоемкость.

При назначении трудоемкости работ по строительным районам ее распределяют пропорционально массам районов, затем вносится корректировка в зависимости от сложности района. Распределение трудоемкости работ по укрупненным видам и строительным районам представлен в таблице 3.4.

Таблица 6.4. Распределение трудоемкости.

Укрупненные группы работ	Трудоемкость	Строительные районы				
		1	2	3	4	5
		Трудоемкость по районам в %				
		25	20	25	20	10
B%	B час	Трудоемкость по районам в часах				
Заготовительные работы	4.5	44143	11036	8829	11036	8829
Сборочно-сварочные работы	16.16	158522	39631	31704	39631	31704
Сборка блоков и корпуса	42	412001	103000	82400	103000	82400
Монтаж оборудования и систем	13	127524	31881	25505	31881	25505
Малярно-изоляционные работы	4.84	47478	11870	9496	11870	9496
Электрорадиомонтаж	5.4	52972	13243	10594	13243	10594
Достройка на плаву, испытания и сдача	14.1	138315	34579	27663	34579	27663
Всего		980955	210660	196191	210660	196191

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата

На основе методики изложенной в [6] построим генеральный график ленточного типа, характерного для единичной или мелкосерийной постройки судов.

Составление заготовки генграфика.

Предположим, годовой фонд рабочего времени составляет 203 рабочих дня. Тогда 16 календарных месяцев будут содержать $(203 \bullet 16) / 12 = 271$ рабочих дней или приблизительно 54 недели. По горизонтали отложим нужное количество недель, а по вертикали отложим виды работ и трудоемкости для каждого строительного района.

Разбивка продолжительности работ:

Известна трудоёмкость и общий лимит времени; необходимо так спланировать продолжительность каждой работы Π_p , то есть назначить такую длину каждого прямоугольника на графике, чтобы уложиться в заданный срок постройки судна.

Длина прямоугольника, то есть количество недель, необходимых для выполнения данной работы, рассчитывается по формуле:

$$\Pi_p = T_p / 41 \bullet K_p ,$$

где

T_p - трудоёмкость, нчас;

K_p - среднее количество производственных рабочих, необходимое для выполнения работы;

41 - недельный фонд рабочего времени, час.

Задача не имеет однозначного решения, так как в последней формуле присутствуют два неизвестных – Π_p и K_p .

При составлении графика (раскладке прямоугольников) необходимо стремиться к следующему:

- добиваться равномерной загрузки рабочей силы, в том числе и по профессиям;
- соблюдать технологическую последовательность работ;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Глава 7. Безопасность и экологичность

7.1 Введение.

7.2 Опасные и вредные экологические факторы.

7.3 Защита от вредных и опасных экологических факторов.

7.4 Обеспечение повышенной устойчивости.

7.5 Заключение.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Агаев Р.Т.			
Пров.	Пичугин Д.А.			
Руковод.	Пичугин Д.А.			
Н. Контр.	Чеченев А.В.			
Утврд.	Рубан А.Р.			

BKRB-26.03.02-0096-18

*Безопасность и
экологичность*

Лит.	Лист	Листов
АГТУ		

7.1 Введение.

Любое производство [6]- это результат взаимодействия трёх элементов: средств труда, предметов труда и живого труда. Живой труд характеризуется интенсивностью, или степенью напряжённости, рабочей силы. Существует различие между экономическим и физиологическим определениями интенсивности труда. С точки зрения физиологии, увеличение физической нагрузки и повышение нервно-психического напряжения, плохие условия внешней среды - освещение, шум и другие факторы- усиливают работу сердца и лёгких, мышц и нервной системы, что приводит к росту затрат жизненной силы в единицу времени. В ходе трудового процесса нагрузки на человека - энергетические, физические, нервно-психические и биохимические- не должны причинять ущерба здоровью, а после трудового дня затраченные физические и умственные способности должны восстанавливаться естественно. Состояние функциональных систем организма оценивают с помощью различных психофизиологических показателей.

В настоящее время эти проблемы изучают несколько научных дисциплин. Так, физиология труда определяет закономерности протекания физиологических процессов и обосновывает такие способы организации труда, которые способствуют длительному поддержанию работоспособности человека. Гигиена труда изучает воздействие трудового процесса и рабочей среды на организм работающих, предлагает санитарно-гигиенические и лечебно-профилактические мероприятия. Психология труда рассматривает психологические характеристики человека в процессе труда, формирование таких профессионально важных качеств, как скорость реакции, восприятие предупредительных сигналов и др. Эргономика рассматривает человека как важнейшее звено системы человек-машина- среда с целью приспособить характеристики других двух звеньев к психофизиологическим возможностям человека. Наконец, научная организация труда ставит целью такую организацию трудового процесса, при которой сокращается или полностью исключается возможность производственных

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

травм, профессиональных заболеваний и одновременно повышается работоспособность.

Под условиями труда [6] понимается совокупность факторов производственной среды, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда (ГОСТ 12.0.002-80). Элементы, составляющие условия труда, можно разделить на четыре группы (таблица 1), что позволяет более эффективно улучшать условия труда на каждом рабочем месте.

Таблица 7.1. Элементы условий труда.

Группа	Источники формирования	Элементы	Способы количественной оценки
Санитарно-гигиенические	Рабочая среда	Микроклимат, чистота воздушной среды, освещение, шум и вибрация	Стандарты; санитарные нормы и правила
Психофизиологические	Трудовая деятельность	Нагрузки на мышечную систему, нагрузки на нервную систему и психику	Психофизиологические обследования
Эстетические	Окружающая среда	Оформление интерьеров рабочих, служебных и вспомогательных помещений, в	Экспертная оценка

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Продолжение таблицы 7.1.

		том числе цветовое; оборудование рабочих зон	
Социально психологическ ие	Психологическ ий климат	Взаимоотношения работников первичного коллектива между собой и с руководителем	Социологически е исследования

Условия труда в судостроительном производстве различны в разных цехах и для рабочих разных специальностей. Для современной технологии и организации постройки судов наиболее типично разделение работ на внутрицеховые и монтажные, которые выполняются на построенных местах и достроенных набережных мест. Соответственно рабочие места в цехах, как правило, постоянные, а на строящихся судах непостоянные, с перемещениями работающих в корпусе и по палубам судна, по строительным лесам.

Выделяют шесть категорий тяжести труда. К первой относят работы, выполняемые в оптимальных условиях внешней среды и при оптимальных физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузках; фаза повышенной работоспособности человека здесь удлиняется. Ко второй категории тяжести отнесены работы, выполняемые в условиях, соответствующих предельно допустимым концентрациям и уровням внешних факторов и нагрузок на двигательный аппарат, нервную систему и психику. Работы третьей категории тяжести вызывают реакции, характерные для пограничного состояния организма: ухудшение показателей физиологических функций к концу работы, удлинение восстановительного периода. Работы четвёртой категории тяжести - это работы, выполняемые при воздействии неблагоприятных условий труда,

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подл. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

когда у практически здоровых людей снижаются производственные показатели и появляются производственные заболевания, которые при длительном воздействии опасных и вредных производственных факторов могут перейти в профессиональные, а также привести к травмам. Пятую и шестую категории тяжести присваивают работам, выполняемым в экстремальных условиях, когда формируются реакции патологического (болезненного, ненормального) характера, которые не всегда исчезают даже после полноценного отдыха. К шестой категории тяжести относят работы, вызывающие такие же реакции вскоре после начала смены или в первые дни рабочей недели.

Замеры, проведённые на рабочих местах основных судостроительных профессий, показали, что судовые сборщики и сварщики трудятся по третьей и четвёртой категориям тяжести, монтажники и электрики - по второй и третьей категориям. При этом нужно отметить, что производительность труда работающих возрастает более значительно при переходе, например, от третьей категории тяжести ко второй, чем от пятой - к четвёртой. Это следует учитывать при дифференциации заработной платы работающих в различных условиях, при установлении и обосновании размеров льгот и компенсаций, а также при изыскании резервов роста производительности труда.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

7.2 Опасные и вредные экологические факторы.

Опасные и вредные экологические факторы являются частью опасных и вредных производственных факторов.

К числу типичных опасных и вредных производственных факторов в судостроении можно отнести:

- работу на открытых построочных местах и у достроочных набережных, не защищённых от метеорологических условий, в результате чего возникают перегревание и переохлаждение тела, простудные и лёгочные заболевания;
- работу на значительной высоте с лесов и подмостей при формировании корпуса судна, монтаже надстроек и оборудования, а также агрегатировании машин и механизмов и других работах, что может привести к падениям и получению тяжёлых травм;
- работу в замкнутых и труднодоступных отсеках и помещениях-двойном дне, бортовых цистернах, выполняемую в неудобных рабочих позах, что вызывает дополнительные физические нагрузки и преждевременную усталость;
- значительный объём погрузо-разгрузочных работ и операций, проводимых на ограниченной территории старых судостроительных предприятий, вблизи проходов и путей перемещения людей, что повышает опасность для их жизни.

В судостроении рабочие большого числа профессий подвергаются одновременному воздействию этих и других опасных и вредных производственных факторов (физических, химических, биологических и психологических).

К опасным физическим факторам относятся [6]:

- движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, перемещаемые изделия и заготовки;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

- повышенные запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны от сварки, газовой резки, окрасочных работ;
- повышенная или пониженная температура конструкций корпуса и поверхностей оборудования;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенные уровни шума и вибраций на рабочем месте;
- повышенные или пониженные влажность и подвижность воздуха;
- повышенный уровень ионизирующих и электромагнитных излучений в рабочей зоне;
- повышенные напряжения в электрической цепи;
- повышенный уровень статического электричества;
- недостаточная освещённость рабочей зоны;
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей и конструкций.

В число химических опасных и вредных производственных факторов входят токсические, раздражающие и канцерогенные (вызывающие рак) вещества. Они проникают в организм через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, слизистую оболочку и кожные покровы. Относительно вредны при этом очистные, окрасочные и изоляционные работы, связанные с применением различных растворителей, клеев и других синтетических материалов и смол. Из опасных производственных операций здесь нужно отметить нанесение различных покрытий пульверизацией, в том числе напыление.

Комплексное воздействие опасных и вредных производственных факторов ведёт к общей и профессиональной заболеваемости, а также к производственному травматизму рабочих.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

7.3 Защита от вредных и опасных экологических факторов.

Безопасность труда при сварке и газовой резке.

К вредным производственным факторам при сварке и резке относятся [6]:

- повышенные запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны;
- ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги;
- электромагнитные поля и инфракрасное излучения сварочной дуги;
- электромагнитные поля и ионизирующие излучения;
- шум, в том числе от сварочных преобразователей и работающей при сварке вентиляции;
- статическая нагрузка на руку сварщика.

При выборе технологического процесса предпочтение следует отдавать такому, при котором безопасность труда и сохранение здоровья работающих будут обеспечены в наибольшей степени. Нужно учитывать, какие сварочные материалы- электроды, проволока, флюсы, защитные газы- выделяют меньше вредных веществ. Нельзя использовать сварочные материалы, не прошедшие гигиенической оценки. О требованиях безопасности нужно помнить при назначении характеристик сварочного тока: увеличение производительности труда (объёма наплавленного металла) не должно сопровождаться снижением работоспособности и ухудшением здоровья людей.

При ручной дуговой сварке и наплавке сварочные токоведущие кабели и шланги, подводящие защитный газ, защищают от механических повреждений. Отсеки судна должны быть оборудованы местной притяжно- вытяжной вентиляцией. Температура внутренних отсеков не более 35°C. При температуре воздуха выше 40°C применяем специальные меры и средства индивидуальной защиты. Для изоляции от свариваемого металла применяем диэлектрические маты и коврики, шлемы и рукавицы из диэлектрического материала. Обязательно проводится периодический анализ воздушной среды. В случаях, когда вентиляция не обеспечивает ПДК вредных веществ в рабочей зоне, устраиваются перерывы в работе с выходом работающих из отсека для его

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

интенсивной вентиляции, так как даже нетоксичная пыль от сгорания обмазки электродов весьма вредна из-за частиц малых размеров, которые не фильтруются в носоглотке человека, а почти полностью попадают в лёгкие и оседают там, вызывая профессиональные заболевания.

Режимы сварки нужно выбирать так, чтобы условия труда на рабочем месте не приводили к ущербу для здоровья. Перед сварочными работами руководитель работ проверяет:

обеспечены ли работающие специальной одеждой, обувью и касками, а также средствами индивидуальной защиты (щиток или маска, очки, респиратор);

исправны ли электрооборудование, его заземление и газовая аппаратура (нет ли утечки газа в резьбовых соединениях горелки и шлангов, в редукторах);

правильно ли на рабочем месте установлены газовые баллоны (только вертикально), как они закреплены и укрыты от солнца и осадков;

при работе на открытых местах- ограждены ли рабочие места щитами (ширмами) для предохранения окружающих от излучений сварочной дуги;

оборудованы ли рабочие места сварщиков противопожарными средствами- огнетушителями, ящиками с песком и др.

Повышенные требования безопасности предъявляются к электронно-лучевой, диффузионной и плазменной видам сварки. Установки для этих видов сварки размещаются в отдельных помещениях или на специально отведённых участках, оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией с 5-15-кратным воздухообменом в зависимости от вида сварки. [6]

Основными требованиями безопасности и экологичности работ при сварке и резке являются: механизация и автоматизация резки; рациональная организация рабочего места, предотвращение или очистка выбросов вредных веществ в воздух рабочей зоны, снижение уровней шума. Для осуществления данных мероприятий применяются местные вытяжные пылегазоприёмники, в

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

том числе подвижные, встроенные в газорезательные машины и устройства, при автоматизации процессов резки применяется дистанционное управление.

По степени воздействия на организм человека вредные вещества в воздухе подразделяют на четыре класса опасности. Класс опасности вредного вещества установлен, как правило, в зависимости от предельно допустимой концентрации (ПДК) вредного вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м³. Воздействие на работающих вредных веществ в воздухе можно снизить или совсем исключить ещё при разработке технологических процессов, выборе материалов и производственного оборудования. Для этого предпринимаем следующие меры. Заменяем вредные вещества в производстве менее вредными, сухие способы использования пылящих материалов- мокрыми; твёрдое и жидкое топливо-газообразным, пламенный нагрев- электрическим. Выбирается такое промышленное оборудование и коммуникации, которые не допускают выделения вредных веществ в воздух рабочей зоны. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны постоянно контролируется и периодически проверяются средства индивидуальной защиты работающих. Все работающие с вредными веществами проходят предварительный и периодические медицинские осмотры.

В сборочно-сварочных цехах иногда грунтуют и окрашивают секции и другие судовые конструкции. Эти работы выполняются в специальных помещениях со своей вентиляцией. Если грунтовка и окраска ведётся непосредственно на местах сборки и сварки, то на этот период другие работы, оказывающие одностороннее вредное воздействие, производить запрещается. Маляры обеспечиваются средствами индивидуальной защиты органов дыхания.

Значительное загрязнение атмосферного воздуха отмечается там, где не герметизировано технологическое оборудование при сварочных, газорезательных, гальванических и малярных операциях, не локализованы источники загрязнения воздуха и не установлена пылегазоочистная аппаратура и

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

где борьба с загрязнением воздуха производственных помещений осуществляется средствами только общеобменной вентиляции.

Работы, дающие наибольшее превышение ПДК вредных веществ в рабочей зоне, - электросварка (пыль, окиси марганца), окрасочные (пары растворителей), гальваника (аэрозоли кислот и щелочей), литейные (пыль, окислы металлов), заводские котельные (пыль, окислы углерода, сернистый газ). При этом до 3/4 объёма этих вредных выбросов удаляется естественно- через окна и проёмы в крышах производственных зданий. Только 1/4 объёма выбросов удаляется посредством систем местной вытяжной вентиляции, имеющих пылегазоочистные устройства: сухие инерционные пылегазоуловители, мокрые пылеуловители и тканевые фильтры. Наиболее эффективным способом борьбы с загрязнением атмосферы остаётся применение таких технологических процессов и исходных материалов, которые исключали бы или значительно уменьшили образование вредных веществ. Также от технологии зависят потребление воды и сброс сточных вод судостроительными предприятиями. Сточные воды очищают с помощью местных средств: грязеотстойников, маслобензоуловителей, нефтоловушек, флотационных установок, станций нейтрализации и обезжиривания на гальванических установках.

7.4 Обеспечение повышенной устойчивости.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Причинами пожаров, возникающих на строящихся и эксплуатирующихся судах чаще всего являются огневые работы, нарушение правил эксплуатации электрических инструментов, приборов и оборудования, курение в недозволенных местах. Распространению пожаров на судах способствует интенсивный приток воздуха по коридорам и трапам, шахтам и трубам вентиляции, через открытые сходные люки и иллюминаторы. Современные судовые пожары протекают так быстро, что, если не локализовать их в течении первого часа, судно может выгореть целиком. Горят мебель и отделка судовых помещений, изоляция и её зашивка, тряпки и ветошь, а также топливо и смазочные материалы.

При проектировании и постройке судна реализуются необходимые меры противопожарной защиты. Согласно Правил Регистра судно разделено вертикальными огнестойкими переборками на противопожарные зоны длиной до 40 м. внутри зон помещения отделены друг от друга огнестойкими палубами. Из каждой зоны помещений предусмотрены два выхода в шахты трапов. Тем не менее современные пожары быстро охватывают судно целиком, наносят огромный ущерб.

При проведении работ в пожароопасных и взрывоопасных судовых помещениях запрещено пользоваться открытым огнем, входить в цистерны, коффердамы, аккумуляторные ямы и другие замкнутые и труднодоступные помещения, где возможно скопление горючих газов и паров без проверки воздушной среды на взрывобезопасность.

К окраске помещений разрешается приступать при содержании паров растворителей в воздухе помещения в объёме, не превышающем 5 % нижнего предела их воспламенения. По окончании огнеопасных работ все помещения, где они проводились, а также смежные с ними вентилируют до полного удаления выделившихся паров растворителей.

Автоматические устройства для профилактики, обнаружения и тушения пожаров позволяют повысить пожаробезопасность судовых помещений и людей

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

на производстве, уменьшить экономические потери от пожаров. К ним, в частности относятся системы и устройства пожарной сигнализации. Эти системы обнаруживают пожар или загорание, передают сообщение о его месте и запускают установки пожаротушения.

Основные устройства электрической пожарной сигнализации - автоматические пожарные извещатели. Они реагируют на физико-химические явления, возникающие в процессе горения, и преобразуют физико-химические параметры в электрические сигналы, которые поступают на приёмно-контрольный пульт. На пульте электрические сигналы расшифровываются и передают необходимую информацию для противопожарной защиты. Наиболее широко используют дымовые, тепловые, световые и комбинированные извещатели.

В качестве огнетушащих средств, применяется вода, водяной пар и воздушно-механическая пена, водные эмульсии галоидированных углеводородов, химическая пена и углекислота, инертные газы и порошки.

Для устранения очагов возгорания на судне предусмотрены системы автоматического пожаротушения. К таким системам относятся автоматические установки газового и порошкового тушения.

Так как, данное судно планируется строить круглогодично и достраивать на стапеле, то возникает необходимость дополнительного освещения рабочих мест. В связи с этим был произведен расчет освещенности стапеля: [6]

Площадь стапеля: $S=300*40=12000 \text{ м}^2$;

Минимальная освещенность для ламп накаливания: $E_{\min}=200 \text{ лк}$;

Мощность ламп накаливания: $W_l=1000 \text{ Вт}$;

Световой поток: $F_l=21200 \text{ лм}$;

Коэффициент неравномерности освещения: $Z=0,95$

Коэффициент использования светового потока: $\eta=0,63$;

Высота подвеса светильников: $H_p=3 \text{ м}$

Количество светильников определяется по формуле:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

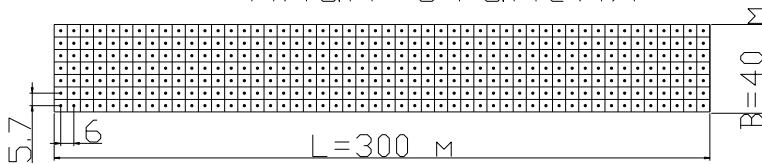
ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

$$N = (E_{min} * S * k * Z) / (F_l * \eta)$$

$$N = (200 * 12000 * 2 * 0.95) / (21200 * 0.63) = 350$$

План стапеля



Расчет выделений веществ в воздух рабочей зоны от электросварки.

При выполнении электросварки в воздух рабочей зоны выделяются вредные вещества, объем которых определяют по следующему выражению [6]:

$$\Pi_{эл.св} = K_{эл.св} * G_{св} * 10^{-6} \text{ т/год.} \quad (1)$$

где $K_{эл.св}$ – удельное выделение вредных веществ;

$G_{св}$ – вес электродов.

При расходе 1кг электродов марки УОНИ 13/55 в воздух выделяются:

- твердая фаза в виде сварочной аэрозоля равно 16,99 г/кг, в том числе окислы железа 14,9 г/кг, соединения марганца 1,09 г/кг, окислы кремния 1,0 г/кг.
- газовая фаза в виде фторидов 0,93 г/кг, а также двуокись азота 2,7 г/кг и оксид углерода 13,3 г/кг.

Произведем расчет по формуле (1) при расходе электродов $G_{св} = 12$ т:

- 1) $\Pi_{эл.св} = 16,4 * 12 * 10^{-3} = 0,2$ т/год – сварочного аэрозоля,
- 2) $\Pi_{эл.св} = 10,69 * 12 * 10^{-3} = 0,13$ т/год – окислы железа,
- 3) $\Pi_{эл.св} = 0,92 * 12 * 10^{-3} = 0,01$ т/год – пыль в виде окислов кремния,
- 4) $\Pi_{эл.св} = 3,3 * 12 * 10^{-3} = 0,04$ т/год – фториды,
- 5) $\Pi_{эл.св} = 1,5 * 12 * 10^{-3} = 0,3$ т/год – двуокись азота,
- 6) $\Pi_{эл.св} = 13,3 * 12 * 10^{-3} = 0,16$ т/год – окись углерода.

7.5 Заключение.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таким образом, рассмотрев проект строящегося судна с точки зрения охраны труда, гигиены труда, безопасности проведения работ, экологии и предусмотрев мероприятия по организации безопасного производства, можно сделать вывод, что проект удовлетворяет всем требованиям по безопасности и экологичности. Требования к повышенной противопожарной устойчивости судна также соблюдены по конструктивным соображениям в соответствии с требованиями Регистра и Стандартов.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Глава 8. Расчёт сметной стоимости строительства судна.

- 8.1 Введение
- 8.2 Расчёт себестоимости сырья и материалов
- 8.3 Расчёт трудоёмкости работ
- 8.4 Расчёт стоимости строительства судна
- 8.5 Анализ затрат в структуре себестоимости

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Агаев Р.Т.			
Пров.	Пичугин Д.А.			
Руковод.	Пичугин Д.А.			
Н. Контр.	Чеченев А.В.			
Утвёрд.	Рубан А.Р.			

*Расчет сметной
стоимости
строительства судна*

Лит. Лист Листов

АГТУ

BKRB-26.03.02-0096-18

8.1 Введение.

В данном разделе дипломного проекта рассчитывается себестоимость и сметная стоимость строительства судна методом сметных калькуляций по статьям затрат. Этот метод основан на использовании укрупнённых нормативов, установленных на основе анализа фактических затрат на строительство судов на базовых предприятиях.

Правильное определение сметной стоимости имеет большое значение. От того, насколько точно она отражает уровень необходимых затрат, зависит оценка экономичности постройки судна, планирование капитальных вложений и финансирования. Показатели сметной стоимости используют для оценки вариантов проектных решений, для сравнения вариантов организации строительства, технологии и производства работ. Точность расчёта сметной стоимости зависит от того, насколько точно определены комплекс работ и нормативы.

Но в любом случае сметная стоимость, рассчитанная на основе метода сметных калькуляций, даёт лишь прогноз конечной стоимости проекта постройки судна. Окончательная стоимость проекта становится известной только после завершения строительства и окончания финансирования проекта.

Суть метода сметных калькуляций - рассчитать и последовательно заполнить следующие основные калькуляционные статьи затрат:

1. Сырьё и материалы.
2. Полуфабрикаты собственного производства.
3. Покупные комплектующие изделия и контрагентские поставки.
4. Контрагентские работы.
5. Трудоёмкость строительства.
6. Основная заработная плата производственных рабочих.
7. Дополнительная зарплата.
8. Отчисления на нужды.
9. Другие отчисления.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

10. Расходы на подготовку и освоение производства.
11. Износ инструментов, прочие спец. расходы.
12. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.
13. Общепроизводственные (цеховые) расходы.
14. Цеховая себестоимость.
15. Общехозяйственные (общезаводские) расходы.
16. Заводская (производственная) себестоимость.
17. Внепроизводственные расходы.
18. Полная себестоимость.
19. Прибыль.
20. Сметная стоимость.

8.2 Расчёт себестоимости сырья и материалов.

К исходным данным данной части расчёта относятся:

- чистые массы материалов для различных конструктивных групп судна;
- процентные величины отходов от чистой массы;
- стоимости материалов для различных конструктивных групп судна.

Кроме того, в состав исходных данных входят процентные величины:

- процент транспортно-заготовительных расходов от стоимости материалов;
- процент вспомогательных материалов и топлива от стоимости материалов;
- процент судового снабжения от стоимости материалов.

Чистые массы материалов различных конструктивных групп (со второй по пятую группы) танкеров водоизмещением 50-80 тысяч т. приняты следующие (в тоннах):

Таблица 8.1 Исходные данные к расчёту стоимости сырья и материалов.

Конструктивные группы судна		Чистые массы, т	% отходов
1-я группа (металлический корпус)		13575	18

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

2-я группа (оборудование помещений и палуб)	688	17
3-я группа (судов. устройства и дельные вещи)	579	10
4-я группа (механизмы)	1085	9
5-я группа (судовые системы и трубопроводы)	1052	12

Величины отходов материалов для разных конструктивных групп судна приняты как для головного судна от 9 до 18 % от чистой массы материалов.

Стоимости материалов приняты за 1 тн: металл - 0,9 тыс. \$, трубы - 1,2 тыс. \$, по материалам других конструктивных групп танкера пересчитаны по рублёво-долларовым соотношениям типовых расчётов себестоимости постройки судов.

Транспортно-заготовительные расходы принято считать, в зависимости от расположения и удалённости заводов-строителей от предприятий-поставщиков, в пределах от 3 до 5 % от стоимости материалов. Примем размер транспортно-заготовительных расходов -5 %, вспомогательные материалы и топливо-1 % , судовое снабжение- 1 % от стоимости материалов.

Таблица 8.2. Заказная стоимость материалов.

Конструктивная группа судна	Стоимость, тыс. \$, за 1 тн. материалов
1-я группа (металлический корпус)	0,9
2-я группа (оборудование помещений и палуб)	2,2
3-я группа (судов. устройства и дельные вещи)	1,6
4-я группа (механизмы)	2,3
5-я группа (судовые системы и трубопроводы)	2,2
Процент транспортно-заготовительных расходов от стоимости материалов	10
Процент вспомогательных материалов и топлива от стоимости материалов	1
Процент судового снабжения от стоимости материалов	0

Результатом расчёта являются по каждой из конструктивных групп судна:

-масса отходов, тн = (чистая масса, тн.)*(% отходов, тн.),

-заказная масса материалов, тн = (чистая масса, тн.)+(масса отходов, тн),

-стоимость материалов, тыс. \$ = (стоимость материалов, тыс.\$ за 1 тн.)*

*(заказная масса материалов, тн.).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Суммируя по всем конструктивным группам, получаем итоговую стоимость материалов. Транспортно-заготовительные расходы, расходы на вспомогательные материалы и топливо, расходы на судовое снабжение рассчитываются, исходя из полученной итоговой стоимости материалов.

Итогом этой части расчётов являются результаты представленные в таблице 3.

Таблица 8.3. Результаты расчета исходных данных.

Конструктивная группа судна	Масса отходов, т	Заказная масса материалов, т	Общая стоимость материалов, тыс\$
1-я группа	2444	16019	14417
2-я группа	117	805	1771
3-я группа	58	637	1019
4-я группа	98	1183	2721
5-я группа	126	1178	2592
Итого	2842	19821	22520
Транспортно-заготовительные расходы тыс. \$.			2252
Вспомогательные материалы и топливо тыс. \$.			225,2
Судовое снабжение тыс. \$.			0

Всего расходов на сырьё и материалы – 24997,2 тыс. \$.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

8.3 Расчёт трудоёмкости работ.

Трудоёмкость постройки судна исчисляется по видам работ и, в зависимости от обрабатываемых чистых масс, удельным трудоёмкостям, измеряемым в человеко-часах на 1 тонну обрабатываемой массы. В качестве справочного материала будем использовать данные, приведённые в таблицах 1 и 2 (4).

Таблица 8.4 Исходные данные для расчёта трудоёмкости работ.

Вид работ	Обрабатываемая масса, тн.	Удельная трудоёмкость, чел.-час/тн.
1. Обработка деталей корпуса	13575	6,9
2. Предварительная сборка	13575	17,8
3. Формирование корпуса	13575	24,6
4. Трубомонтажные работы	1052	195
5. Механомонтажные работы	1085	62
6. Достроочные работы	17000	17,2
7. Испытания	17000	3,74

К исходным данным, таким образом, относятся:

- чистые массы корпуса, трубопроводов, механизмов;
- водоизмещение судна порожнём;
- удельные трудоёмкости по видам работ.

Результатом расчёта являются трудоёмкости в тыс. человеко-часов отдельных видов работ:

трудоёмкость, тыс. чел.-час = (обрабатываемая масса, тн.)*(удельная трудоёмкость, чел.-час/тн)/1000.

Таблица 8.5. Результаты расчёта трудоёмкости работ

Вид работ	Трудоёмкость, тыс. чел. часов
1. Обработка деталей корпуса	93,67
2. Предварительная сборка	241,64
3. Формирование корпуса	333,95
4. Трубомонтажные работы	205,14
5. Механомонтажные работы	67,27
6. Достроочные работы	292,40
7. Испытания	63,58
Общая трудоемкость работ	1297,64

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Так, для первого вида работ (обработка деталей корпуса) трудоёмкость работ составляет $13575*6,9/1000=93,67$ тыс. чел-часов.

8.4 Расчёт стоимости строительства судна.

Исходными данными для расчёта стоимости строительства, кроме результатов предыдущих расчётов, являются:

- средняя заработка плата, \$ за 1 чел.-час - 1,4;
- полуфабрикаты собственного производства, тыс. \$ - 0;
- процент покупных комплектующих изделий и контрагентских поставок от заводской себестоимости - 30;
- процент контрагентских работ от заводской себестоимости - 8;
- процент дополнительной зарплаты от основной зарплаты - 35;
- процент отчислений на социальные нужды от основной и дополнительной зарплаты – 34;
- процент других отчислений от основной зарплаты - 0;
- процент расходов на подготовку и освоение производства от стоимости сырья и материалов - 30;
- процент расходов на износ инструментов и прочие специальные расходы от стоимости сырья и материалов - 5;
- процент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования от основной зарплаты производственных рабочих - 70;
- процент общепроизводственных (цеховых) расходов от основной зарплаты производственных рабочих - 70;
- процент общехозяйственных (общезаводских) расходов от основной зарплаты производственных рабочих - 100;
- процент внепроизводственных расходов от производственной себестоимости - 1;
- процент прибыли от полной себестоимости - 10.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 8.6. Исходные данные для расчёта стоимости строительства судна

Средняя заработка плата, \$ за 1 нормо-час	1,4
Полуфабрикаты собственного производства, тыс. \$	0
Процент покупных комплектующих изделий от цеховой себестоимости	30
Процент контрагентских работ от заводской стоимости	8
Процент дополнительной от основной зарплаты	35
Процент отчислений на полные нужды от основной и дополнительной зарплаты	34
Процент других отчислений от основной зарплаты	0
Процент расходов на подготовку и освоение производства от стоимости сырья и материалов	30
Процент расходов на износ инструментов и прочие специальные расходы от стоимости сырья и материалов	5
Процент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования от основной зарплаты производственных рабочих	70
Процент общепроизводственных (цеховых) расходов от основной зарплаты производственных рабочих	70
Процент общехозяйственных (общезаводских) расходов от основной зарплаты производственных рабочих	100
Процент внепроизводственных расходов от производственной себестоимости	1
Процент прибыли от полной стоимости	10

Результатами расчёта являются отдельные статьи калькуляции себестоимости и сметной стоимости строительства судна.

1. Сырьё и материалы -24997,2 тыс. \$.
2. Полуфабрикаты собственного производства - 0.
3. Покупные комплектующие изделия, контрагентские поставки = (процент покупных комплектующих изделий и контрагентских поставок от заводской себестоимости)*(Σ(ст.1,2,6,7,8,9,10,11,12,13,15)/(100-(процент покупных комплектующих изделий и контрагентских поставок+процент контрагентских работ от заводской себестоимости))).

Для данного судна:

$$30*(24997,2+0+1816,7+635,85+833,87+0+7499,16+1249,86+1271,69+1271,69+1816,7)/(100-(30+8))=20028,74 \text{ тыс. $}.$$

4. Контрагентские поставки и работы = (% контрагентских работ от заводской себестоимости)*(Σ(ст.1,2,6,7,8,9,10,11,12,13,15) / (100- (% покупных

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Подп. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

комплектующих изделий и контрагентских поставок + % контрагентских работ от заводской себестоимости)). Для данного судна:

$$8*(24997,2+0+1816,7+635,85+833,87+0+7499,16+1249,86+1271,69+1271,69+1816,7)/(100-(30+8))=5341 \text{ тыс. \$}.$$

5. Трудоёмкость строительства – 1297,64 тыс. чел.-часов.

6. Основная зарплата производственных рабочих = (трудоёмкость строительства, тыс. чел.-часов)*(средняя заработка платы, \\$ за 1 чел.-час). Для данного судна $1297,64*1,4=1816,7$ тыс. \\$.

7. Дополнительная зарплата = (основная зарплата производственных рабочих, тыс. \\$)*(процент дополнительной зарплаты)/100. Для данного судна $1816,7*35/100=635,85$ тыс. \\$.

8. Отчисления = ((основная зарплата производственных рабочих, тыс. \\$)+(дополнительная зарплата, тыс. \\$))*(процент отчислений на соцстрах)/100. Для данного судна $(1816,7+635,85)*34/100=833,87$ тыс. \\$.

9. Другие отчисления = (основная зарплата производственных рабочих, тыс. \\$)*(% других отчислений)/100. Для данного судна $1816,7*0/100=0$ тыс. \\$.

10. Расходы на подготовку и освоение производства = стоимость сырья и материалов, тыс. \\$)*(процент расходов на подготовку и освоение производства)/100. Для данного проекта $24997,2*30/100=7499,16$ тыс. \\$.

11. Износ инструментов, прочие спец. расходы = (стоимость сырья и материалов, тыс. \\$)*(процент расходов на износ инструментов и спец. расходы)/100. Для данного проекта $24997,2*5/100=1249,86$ тыс. \\$.

12. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования = (основная зарплата производственных рабочих, тыс. \\$)*(процент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования)/100. Для данного проекта $1816,7*70/100=1271,69$ тыс. \\$.

13. Общепроизводственные (цеховые) расходы - (основная зарплата производственных рабочих, тыс. \\$)*(процент общепроизводственных расходов)/100. Для данного проекта $1816,7*70/100=1271,69$ тыс. \\$.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

14. Цеховая себестоимость = Σ (ст.1,2,3,4,6,7,8,9,10,11,12,13).

Для данного проекта: $(24997,2+0+1816,7+635,85+833,87+0+7499,16+1249,86+1271,69+1271,69)=39576,02$ тыс. \$.

15. Общехозяйственные (общезаводские) расходы = (основная зарплата производственных рабочих, тыс. \$)*(процент общехозяйственных расходов)/100. Для данного проекта $1816,7*100/100=1816,7$ тыс. \$.

16. Заводская себестоимость = (цеховая себестоимость, тыс. \$)+(общехозяйственные расходы, тыс. \$). Для данного проекта $39576,02+1816,7=41392,72$ тыс. \$.

17. Внепроизводственные расходы =(заводская себестоимость, тыс.\$)*(процент внепроизводственных расходов)/100. Для данного проекта $41392,72*1/100=413,93$ тыс. \$.

18. Полная себестоимость = (заводская себестоимость, тыс. \$) + (внепроизводственные расходы, тыс. \$). Для данного проекта $41392,72+413,93=41806,65$ тыс. \$.

19. Прибыль = (процент прибыли от полной себестоимости)*(полная себестоимость, тыс. \$)/100. Для данного проекта $10*41806,65/100=4180,67$ тыс. \$.

20. Сметная стоимость = (полная себестоимость, тыс. \$) + (прибыль, тыс. \$). Для данного проекта $41806,65+4180,67=45987,32$ тыс. \$.

Итогом данной части расчёта является полная себестоимость и сметная стоимость строительства судна, которые составляют соответственно 41806,65 тыс. \$ (ст. 18 сметной калькуляции) и 45987,32 тыс. \$ (ст. 20 сметной калькуляции).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 8.7. Результаты расчёта стоимости строительства судна

Наименование статьи	Значение в тыс.\$
1.Сырье и материалы	24997,2
2.Полуфабрикаты собственного производства	0
3.Покупные комплектующие изделия	20028,74
4.Контрагентские поставки и работы	5341
5.Трудоемкость строительства, тыс. нормо-часов	1297,64
6.Основная зарплата производственных рабочих	1816,7
7.Дополнительная зарплата	635,85
8.Отчисления на соцстрах	833,87
9.Другие отчисления	0
10.Расходы на подготовку и освоение производства	7499,16
11.Износ инструментов, прочие спец.расходы	1249,86
12.Расходы на содержание и экспл. оборудования	1271,69
13.Общепроизводственные (цеховые) расходы	1271,69
14.Цеховая себестоимость	39576,02
15.Общехозяйственные (общезаводские) расходы	1816,7
16.Производственная себестоимость	41392,72
17.Внепроизводственные расходы	413,93
18.ПОЛНАЯ СЕБЕСТОИМОСТЬ	41806,65
19.Прибыль (10%)	4180,67
20.Сметная стоимость	45987,32

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

8.5 Анализ затрат в структуре себестоимости.

Исходными данными для анализа затрат являются результаты расчёта п.9.4:

1. Стоимость сырья и материалов -(ст.1).
2. Покупные изделия, контрагентские поставки - (ст.2+ст.3+ст.4).
3. Заработка плата с отчислениями - (ст.6+ст.7+ст.8+ст.9).
4. Расходы на производство - (ст.10+ст.11+ст.12)
5. Накладные расходы - (ст.13+ст.15+ст.17).

Для данного проекта:

1. Стоимость сырья и материалов -24997,2 тыс. \$ - 37,07% полной себестоимости.
2. Покупные изделия, контрагентские поставки и работы - (0+20028,74+5341)=25369,74 тыс. \$ - 37,77 % полной себестоимости.
3. Заработка плата с отчислениями (1816,7+635,85+833,87+0)=3286,42 тыс. \$ - 5,11 % полной себестоимости.
4. Расходы на производство - (7499,16+1249,86+1271,69)=10020,71 тыс. \$ - 14,86 % полной себестоимости.
5. Накладные расходы - (1271,69+1816,7+413,93)=3502,32 тыс. \$ - 5,19 % полной себестоимости.

Таблица 8. Анализ затрат в структуре себестоимости.

Вид затрат	тыс. \$	Процент от себестоимости
1. Стоимость сырья и материалов	24997,2	37,21
2. Покупные изделия, контрагентские поставки	25369,74	37,77
3. Заработка плата с отчислениями	3286,42	4,89
4. Расходы на производство	10020,71	14,92
5. Накладные расходы	3502,32	5,21
Всего затрат	67176,39	100

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Себестоимость строительства судна может быть отображена графически:



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Агаев Р.Т.			
Пров.	Пичугин Д.А.			
Руковод.	Пичугин Д.А.			
Н. Контр.	Чеченев А.В.			
Утврд.	Рубан А.Р.			

BKRB-26.03.02-0096-18

Заключение

Лит. Лист Листов

АГТУ

Заключение

Объектом выпускной квалификационной бакалаврской работы выбран тип судна, потребность в котором растет с увеличением добычи нефтепродуктов на Дальнем востоке.

Ряд разделов, таких как «Безопасность и экологичность проекта», «Разработка конструкции корпуса судна» выполнены традиционным способом, с помощью Правил Морского Российского Регистра Судоходства и справочной литературы.

Основные разделы работы выполнены с помощью SeaSolution, с использованием ряда вспомогательных программ, таких как: пакет расчётов по теории корабля «Статика», электронные таблицы «Excel», текстовый редактор «Word», графические системы «AutoCAD».

В процессе выполнения работы была разработана конструкция средней части корпуса, а также выполнена проверка остойчивости, которая удовлетворяет требованиям Морского Регистра при любом варианте нагрузки. В ходе расчета ходкости приняты двигатели внутреннего сгорания фирмы МОД типа ДКРН.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № фубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист

Список используемой литературы

1. Ашик В.В. Проектирование судов Л. Судостроение, 1985 – 320с.
2. Жинкин В.Б., Теория и устройства корабля. Л.: Судостроение, 2002, 336 с.
3. Бронников А.В., Проектирование судов. Л.: Судостроение, 1991, 320 с.
4. РД5.1046-87 Комингсы грузовых люков. Методические указания правила конструирования комингсов.
5. Проектированию судов. Методические указания к курсовому проекту. Астрахань, 2004, 36 с.
6. Теория корабля. Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов специальности 180101.65 «Кораблестроение». Астрахань, 2001, 65 с.
7. Проектирование конструкций корпуса судна. Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов специальности 180101.65 «Кораблестроение». Астрахань, 2010, 52 с.
8. Разработка принципиальной технологии постройки судна. Методические указания к курсовому проекту. Астрахань, 2004.
9. Правила классификации и постройки морских судов РМРС, 2017.
10. Короткин Я.И. «Прочность корабля. Л.: Судостроение, 1974, 423с.
11. Методические указания к дипломному проектированию по разделу «Безопасность и экологичность проекта». Астрахань, 2002.
12. Барабанов Н.В., Конструкция корпуса морских судов. Учебник – 3-е изд.Л., Судостроение, 1981, 552 с.
13. Основы технологии судостроения. Учебник под общ. ред. В. Д. Мацкевича. Л., Судостроение, 1980, 352 с.
14. Расчет сметной стоимости строительства судна. Методические указания для студентов специальности 14.01.00 «Кораблестроение». Астрахань 2000, 22с.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКРБ-26.03.02-0096-18

Лист