

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

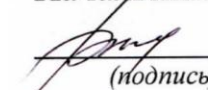
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



СКБ «Компьютерные и инженерные технологии»


СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС

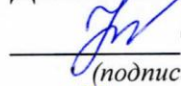
  
(подпись) Е.М. Димитриади  
« 16 » 06 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

  
(подпись) А.В. Космынин  
« 19 » 06 2023 г.

Декан ФАМТ

  
(подпись) О.А. Красильникова  
« 16 » 06 2023 г.

**«Разработка 3D модели судовой поверхности универсального  
сухогрузного судна «SABAHAT SONAY» в пакете FreeShip»**

Комплект отчетной документации

Руководитель СКБ КИТ


  
(подпись, дата) А.Д. Бурменский

Руководитель проекта

  
(подпись, дата) А.Д. Бурменский

Комсомольск-на-Амуре 2023

### Карточка проекта

Название	Разработка 3D модели судовой поверхности универсального сухогрузного судна «SABAHAT SONAY» в пакете FreeShip
Тип проекта	По заданию кафедры «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг»
Вид результата (НТП)	3D модель объекта, согласованный теоретический чертеж судна
Назначение	Реинжиниринг проектной информации по судам современных типов с целью использования результатов в научных исследованиях магистров и в качестве исходной проектной информации для ВКР бакалавров..
Область использования	Научные исследования в области проектирования судов. В учебном процессе для направления подготовки 26.03.02 и 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника морской инфраструктуры»
Исполнитель	Студент  Пак Т.И. группа 1КСм-1
Срок реализации	весенний семестр 2023 г.

### Использованные информационно-технические ресурсы

Наименование	Количество, шт.
Персональный компьютер	1
САПР FreeShip	
CAD система AutoCAD	
Проектная документация по судну	

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



СКБ «Компьютерные и инженерные технологии»

## ЗАДАНИЕ на разработку

Выдано студенту: Пак Таисия Игоревна, группа ИКСм-1

Название проекта: Разработка 3D модели судовой поверхности контейнеровоза вместимостью 1600 TEU в пакете FreeShip

Назначение: Реинжиниринг проектной информации по судам современного типа

Область использования: В учебном процессе для направления подготовки 26.03.02 и 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника морской инфраструктуры» в качестве фрагмента учебно-методического комплекса Научные исследования в области проектирования судов.

Требования к научно-техническому продукту: \_\_\_\_\_

- функциональные: В процессе выполнения проекта следует исследовать эффективность приемов реинжиниринга проектной информации в зависимости от качества исходной информации.

- технические: Качество разработанной 3D модели должно позволять проводить все виды кораблестроительных расчетов предусмотренных в пакете FreeShip, а также получить качественный теоретический чертеж судна. В пояснительной записке к проекту должно быть приведено пошаговое выполнение процесса моделирования.

План работ:

Наименование работ	Срок
<i>Анализ и подбор конструкторской документации для моделирования</i>	<i>ноябрь, 2022</i>
<i>Разработка эскиза теоретического чертежа</i>	<i>декабрь 2022 - январь, 2023</i>
<i>Разработка 3D модели судовой поверхности</i>	<i>февраль, 2023</i>
<i>Проведение расчетов функциональных качеств судна на основе 3D модели корпуса</i>	<i>март, 2022</i>
<i>Подготовка доклада на конференцию</i>	<i>апрель, 2022</i>
<i>Оформление отчета и конструкторской документации</i>	<i>май, 2022</i>

Перечень отчетных материалов:

*- 3D модель корпуса универсального сухогрузного судна*

*- Теоретический чертеж судна*

*- Пояснительная записка к проекту*

Требования к содержанию основного раздела пояснительной записки к проекту: *пояснительная записка должна содержать следующие разделы:*

*- описание исходных данных;*

*- разработка эскиза теоретического чертежа;*

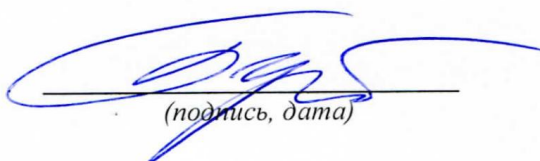
*- разработка 3D модели судовой поверхности в САПР FreeShip;*

*- выполнение расчетов функциональных характеристик в FreeShip.*

Комментарии:

*Отчет по проекту выполняется по требованиям РД 013-2016 с изм. 4.*

Руководитель проекта



(подпись, дата)

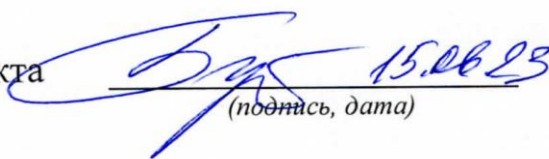
*А.Д. Бурменский*

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

**Пояснительная записка к проекту**

**«Разработка 3D модели судовой поверхности универсального  
сухогрузного судна «SABAHAT SONAY» в пакете FreeShip»**

Руководитель проекта

  
(подпись, дата)

А.Д. Бурменский

Комсомольск-на-Амуре 2023

## Содержание

Введение.....	7
1 Разработка эскиза теоретического чертежа.....	9
1.1 Проектные характеристики судна .....	9
1.2 Исходные данные для разработки теоретического чертежа.....	13
1.3 Порядок разработки эскиза теоретического чертежа.....	14
2 Разработка 3D модели судовой поверхности в САПР FreeShip .....	17
2.1 Создание заготовки для моделирования поверхности.....	17
2.2 Процесс моделирования поверхности судна.....	22
2.3 Процесс моделирования бака и юта.....	30
3 Выполнение расчетов функциональных характеристик в FreeShip .....	34
3.1 Расчеты гидростатических характеристик .....	34
3.2 Расчеты остойчивости .....	35
3.3 Расчеты ходкости .....	36
Заключение .....	38
Список использованных источников .....	39
ПРИЛОЖЕНИЕ А: Теоретический чертеж.....	40
ПРИЛОЖЕНИЕ Б: Сертификат участника конференции.....	42

## Введение

В математических моделях концептуального проектирования судов для определения начальных значений параметров широко применяют эмпирические модели, основанные на статической обработке проектных данных. Для разработки актуальных эмпирических моделей проектных характеристик необходимо иметь достаточно широкую статистическую базу. Однако, по современным проектам информации, которую публикуют в различных источниках недостаточно, или она требует верификации.

Для верификации информации по проектным характеристикам современных судов требуется выполнить ряд проверочных проектных расчетов функциональных качеств.

Основой для большинства проектных расчётов по определению функциональных качеств судов является теоретический чертёж. Однако использование приближённых численных методов расчёта на его основе для современных форм судовой поверхности может приводить к существенным погрешностям. Более качественные результаты можно получить на основе 3D-модели поверхности корпуса судна. В настоящее время существует ряд САД систем, которые позволяют разработать качественную гладкую поверхность корпуса судна и выполнить расчёты гидростатики, ходкости, остойчивости.

На современном рынке, представителями являются FreeShip, Rino, FastShip, SeeSolushion и другие.

В качестве базы при создании трехмерной поверхности корпуса был выбран пакет FreeShip. Выбор обусловлен доступностью программного обеспечения, удобством освоения и работы.

В соответствии с заданием, необходимо разработать 3D модель судовой поверхности универсального сухогрузного судна «Sabahat Sonau». На основе разработанной модели корпуса выполнить расчеты функциональных качеств судна: расчет гидростатических характеристик,

					<b>СКБ КИТ.2.ИП.000000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		7

ходкости и остойчивости. Разработать и оформить теоретический чертеж судна.

Результаты работы необходимо представить на VI Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых.

					<b>СКБ КИТ.2.ИП.000000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		8



# 1 Разработка эскиза теоретического чертежа

## 1.1 Проектные характеристики судна

Для моделирования поверхности корпуса в соответствии с заданием был выбрано универсального сухогрузного судна «Sabahat Sonay» (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Универсальное сухогрузное судно «Sabahat Sonay»

Назначение судна – перевозка генерального груза, навалочного груза в виде зерна, а также контейнеров международного стандарта.

Основные проектно-эксплуатационные характеристики рассматриваемого сухогрузного судна приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Основные проектно-эксплуатационные характеристики

Наименование	Значение
Длина наибольшая, м	143,41
Длина между перпендикулярами, м	134,00
Длина по КВЛ, м	137,13
Ширина наибольшая, м	21,70
Высота борта, м	11,1
Осадка по КВЛ, м	8,265
Дедвейт, т	14888,83
Скорость судна, уз	14,5

Класс судна и условия эксплуатации – судно неограниченного района плавания в любое время года.

Архитектурный тип: стальное, однопалубное, 4 трюма, одновинтовое, с баком и ютом, кормовым расположением жилой рубки, рулевой рубки и машинного отделения. Судно с двойным дном и двойными бортами в районе грузовых трюмов, машинного отделения, бульбовой носовой и транцевой кормовой оконечностей.

Подробное описание устройств, общесудовых систем, конструкции корпуса приведены в разработанной общесудовой спецификации в приложении Б.

Общее расположение рассматриваемого сухогрузного судна представлено на чертеже общего расположения (рисунок 1.2).

Корпус судна разделен поперечными переборками на отсеки:

- форпик до 167 шп.;
- диптанк №1, 162-167 шп.;
- грузовой трюм №1, 141-162 шп.;
- диптанк №2, 137-141 шп.;
- грузовой трюм №2, 103-137 шп.;
- диптанк №3, 65-99 шп.;
- грузовой трюм №3, 61-65 шп.;
- диптанк №4, 61-65 шп.;
- грузовой трюм №4, 33-61 шп.;
- машинное отделение 2/12-33 шп.;
- ахтерпик, в корму от 2/12 шп.

В форпике расположены: в нижней части – балластная цистерна, на ней размещена шкиперская кладовая и цепной ящик. Вход в шкиперскую через люк с платформы, в балластную цистерну через горловину.

В нижней части диптанка №1 расположено помещение подруливающего устройства, в верхней части – дифференциальная цистерна.

					<b>СКБ КИТ.2.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		10

Грузовые трюмы №1-4 отделены от бортов и днища продольными переборками и вторым дном. Для доступа в трюмы имеются сходные люки на нижней палубе.

Грузовые трюмы разделены друг от друга диптанками. Диптанки №2-3 предназначены для хранения судовых энергетических запасов. В верхней части диптанков расположены фундаменты грузовых кранов.

В носовой оконечности установлена надстройка бака, а в кормовой оконечности установлена надстройка юта.

В надстройке бака размещены малярная, судовая кладовая и цепной ящик. Вход в надстройку бака с главной палубы через водонепроницаемые двери.

На палубе бака размещен брашпиль, якорное и швартовое устройство, буксирный кнехт.

На верхней палубе от 36 до 160 шп. размещены грузовые люки с комингсами высотой 2010 мм. Продольный комингс грузовых люков идет непрерывно от надстройки бака до надстройки юта. Грузовые люки имеют водонепроницаемые гидравлические закрытия складывающегося типа.

Между люками установлены судовые полноповоротные краны грузоподъемностью 30 т. и вылетом стрелы 22 м.

В двойных бортах и двойном дне организованы балластные цистерны. Бортовые балластные цистерны доходят до нижней палубы. Пространство в двойных бортах между верхней и нижней палуб организовано коридор, предназначенный для перемещения экипажа вдоль судна во время шторма. Туннельный киль предназначен для прокладки трубопроводов трюмных судовых систем

В машинном отделении располагаются главные и вспомогательные двигатели, судовый котел, механизмы судна. Вход в машинное отделение по внутреннему трапу с палубы 4780.

					<b>СКБ КИТ.2.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		11

На палубе 8100 имеется внутренний трап, с которого можно попасть на палубу 4780. На главной палубе имеется внутренний трап, с которого можно попасть на палубу 8100.

На главной палубе в кормовой части размещены провизионная, прачечная, кладовые белья и инвентаря, станция CO<sub>2</sub>.

На палубе 8100 размещены аккумуляторная, аппаратная, помещения дизель-генератора, аварийного дизель-генератора, вентиляторные, машинная шахта, распределительный щит.

В ахтерпике размещены рулевое устройство, цистерны сточных вод, цистерна пресной воды, цепной ящик и насос питьевой воды.

Вход в надстройку юта с палубы юта с обоих бортов и с кормы, с главной палубы через водонепроницаемые двери.

В надстройке юта размещены камбуз, провизионная, санитарные помещения, блок-каюты командного состава, баня с сауной, аккумуляторная, машинная шахта.

В надстройке юта имеется внутренний трап для выхода в рубку первого яруса.

На палубе юта размещена трех ярусная рубка жилых помещений. На четвертом ярусе располагается ходовая рубка. В рубке на 1-м, 2-м и 3-м ярусах размещены каюты экипажа. В состав всех кают входят ванная комната (душевая кабина, раковина, унитаз), кровать, стол, стул, тумбочка, диван. В зависимости от комплектации комнаты могут предоставляться дополнительные удобства в виде телевизора или отдельного кабинета.

Из первого яруса рубки по внутреннему трапу можно спуститься в надстройку юта, подняться на второй ярус рубки и на шлюпочную палубу.

На палубе 1-го яруса рубки (шлюпочная палуба) расположена дымовая труба, спасательные плоты по правому борту, дежурная шлюпка со спуско-подъемным устройством по левому борту.

					<b>СКБ КИТ.2.ИП.010000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		12

В кормовой части палубы юта установлен якорно-швартовый шпиль, кормовое якорное устройство, устройство для сброса свободно падающей шлюпки.

Для несения сигнально-отличительных огней, фигур и радионавигационного оборудования на судне устанавливаются носовая и кормовая мачты. Носовая мачта расположена на палубе бака, кормовая мачта расположена на ходовой рубке на палубе 5-го яруса.

## 1.2 Исходные данные на разработку теоретического чертежа

Основной информации для разработки теоретического чертежа послужили чертежи общего расположения и грузового плана.

Графическая информация по универсальному сухогрузному судну «Sabahat Sonay» представлена на рисунках 1.2-1.3.

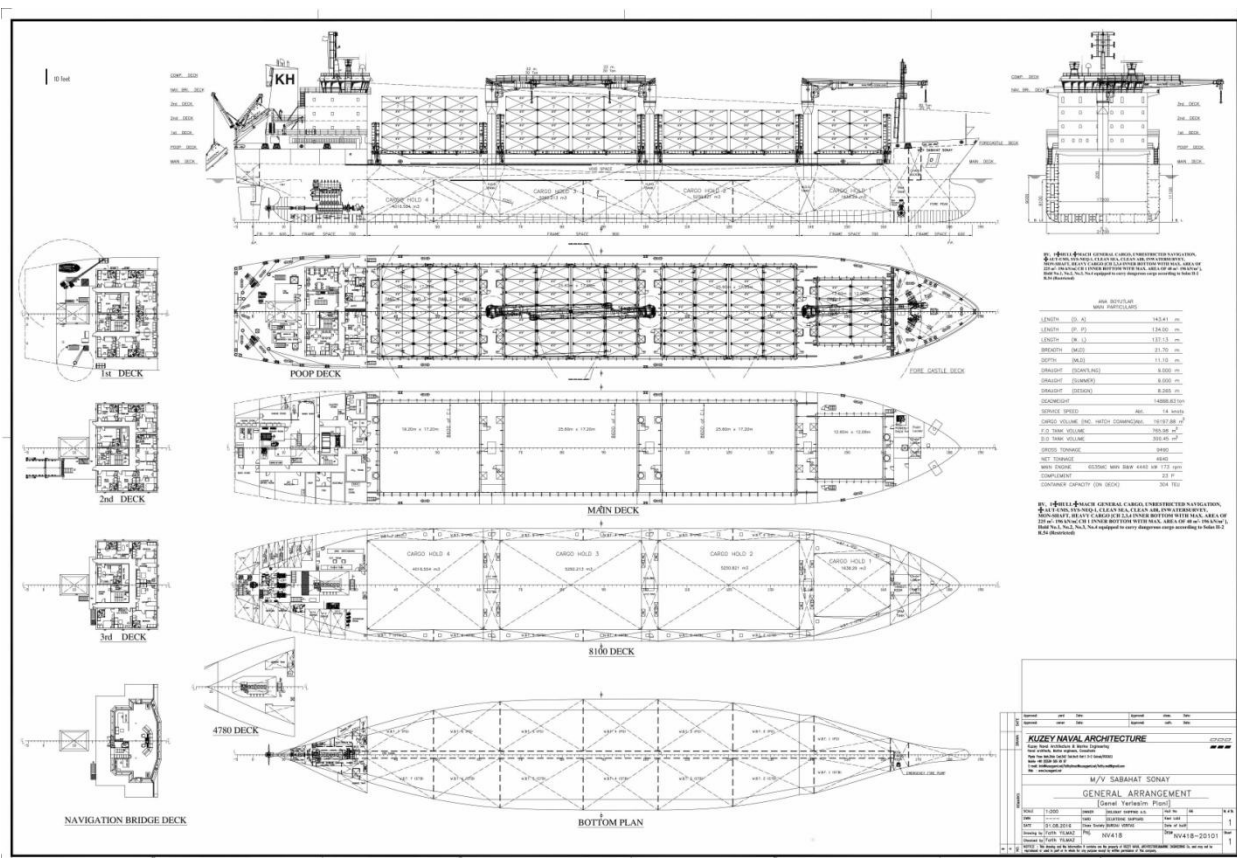


Рисунок 1.2 – Чертеж общего расположения УСС «Sabahat Sonay»

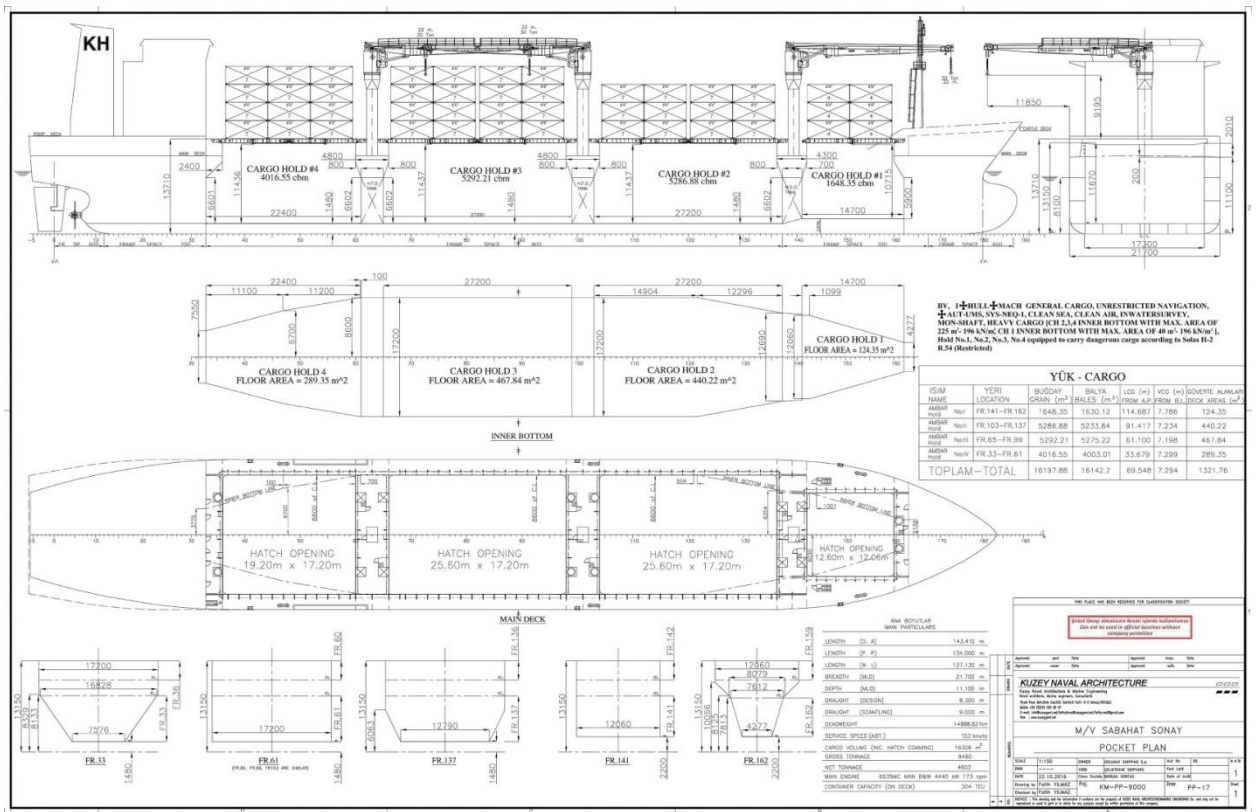


Рисунок 1.3 – Грузовой план УСС «Sabahat Sonay»

### 1.3 Порядок разработки эскиза теоретического чертежа

Разработка теоретического чертежа судна «Sabahat Sonay» выполнялась в несколько этапов, которые включали в себя сбор проектной информации, проведение анализа исходных чертежей общего вида и, соответственно, сам процесс реконструкции теоретического чертежа.

На первом этапе был осуществлен поиск проектной информации по судну. Основное внимание уделяется поиску графической информации, содержащую информацию по проекциям ватерлиний на уровне палуб, платформ и двойного дна, а также изображения миделя и отдельных шпангоутов. Такая информация содержится на чертежах общего расположения, на грузовых планах и конструктивных чертежах (см. рисунки 1.2-1.3).

На втором этапе проводилась верификация графической информации. В данном случае верификация она заключалась в проверке пропорций изо-

бражения, так как зачастую при публикациях редакторы ее непропорционально поджимают.

Эта операция осуществлялась с помощью графического редактора. Изображение было разбито на отдельные графические элементы.

На третьем этапе в САД-систему вставлялись подготовленные изображения в качестве подложек в виде растровых изображений или в PDF формате. Вставленные изображения выравниваются и масштабируются. В качестве рабочей САД-системы применяется AutoCAD. Выбор AutoCAD в качестве среды реконструкции связан с наличием в нем широкого набора графических и сервисных инструментов, которые облегчают и ускоряют графическую часть работы.

В процессе выполнения четвертого этапа работ на чертеже формировалась сетка теоретического чертежа, производилась обводка конструктивных линий нанесенных на подложке. На проекциях наносились базовые точки с конструктивных линий в плоскостях теоретических ватерлиний и шпангоутов (рисунок 1.4). В качестве графического инструмента обводки использовалась полилиния. В начале проводилась обводка с помощью прямолинейных сегментов полилинии. Далее полученная полилиния была преобразована в сплайн. На третьем шаге, с помощью редактирования маркеров вершин, сплайн выравнивался относительно изображения линий на подложке.

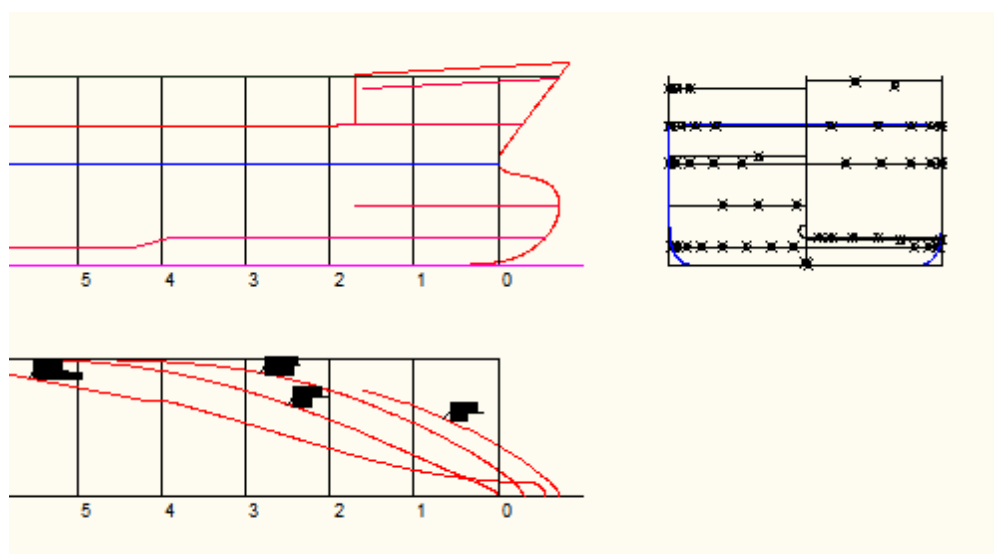


Рисунок 1.4 –Реконструкции теоретического чертежа в AutoCAD

					<b>СКБ КИТ.2.ИП.010000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		15

На пятом этапе на основе узловых точек на проекции корпус отрисовывались теоретические шпангоуты. По мере формирования набора шпангоутов в соответствии с правилами проецирования проводилась отрисовка ватерлиний (рисунок 1.5).

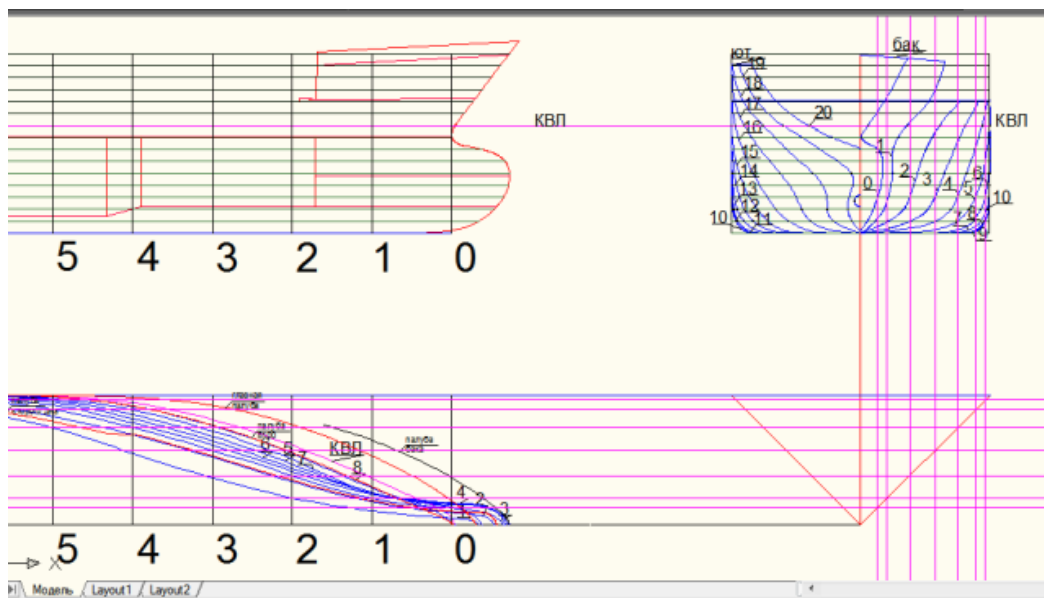


Рисунок 1.5 – Формирование ватерлиний

Далее проводилось сглаживание ватерлиний и обратное проецирование внесенных изменений на проекцию корпус с целью корректировки формы шпангоутов. Прямой и обратный процесс повторялся до тех пор, пока не было достигнуто приемлемое согласование. Для контроля постепенно добавлялись промежуточные шпангоуты и ватерлинии.

Разработанный эскиз теоретического чертежа приведен на рисунке 1.6

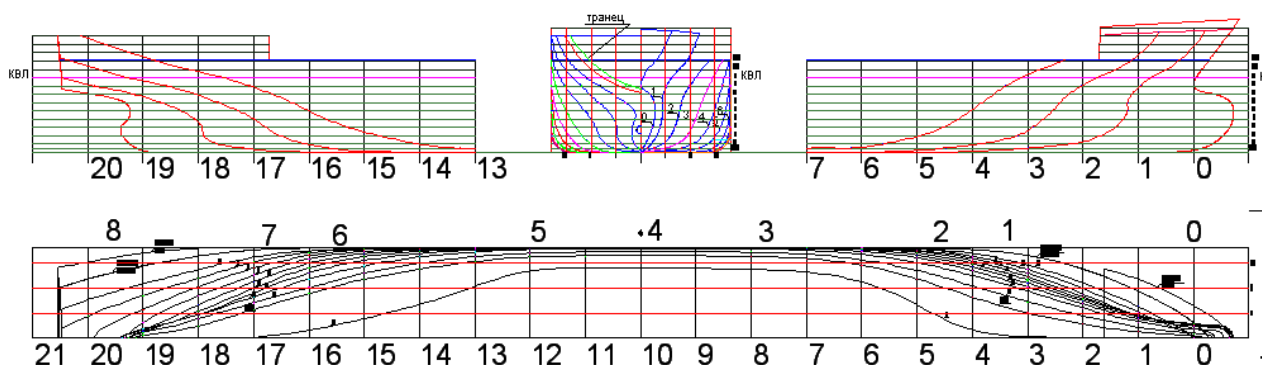


Рисунок 1.6 – Эскиз теоретического чертежа УСС «Sabahat Sonay»



## 2 Разработка 3D модели судовой поверхности в САПР FreeShip

В качестве исходных данных для разработки 3D-модели поверхности корпуса универсального сухогрузного судна «Sabahat Sonay» является разработанный на предыдущем этапе эскиз теоретического чертежа судна.

### 2.1 Создание заготовки для моделирования поверхности

Моделирование поверхности судна в пакете FreeShip начинается с открытия программы и создания нового проекта. Далее задаем исходные параметры в окне «Новая модель» (рисунок 2.1). В результате представлены четыре окна, в которых присутствуют три вида теоретического чертежа и шаблон 3D-модели судна (рисунок 2.2).

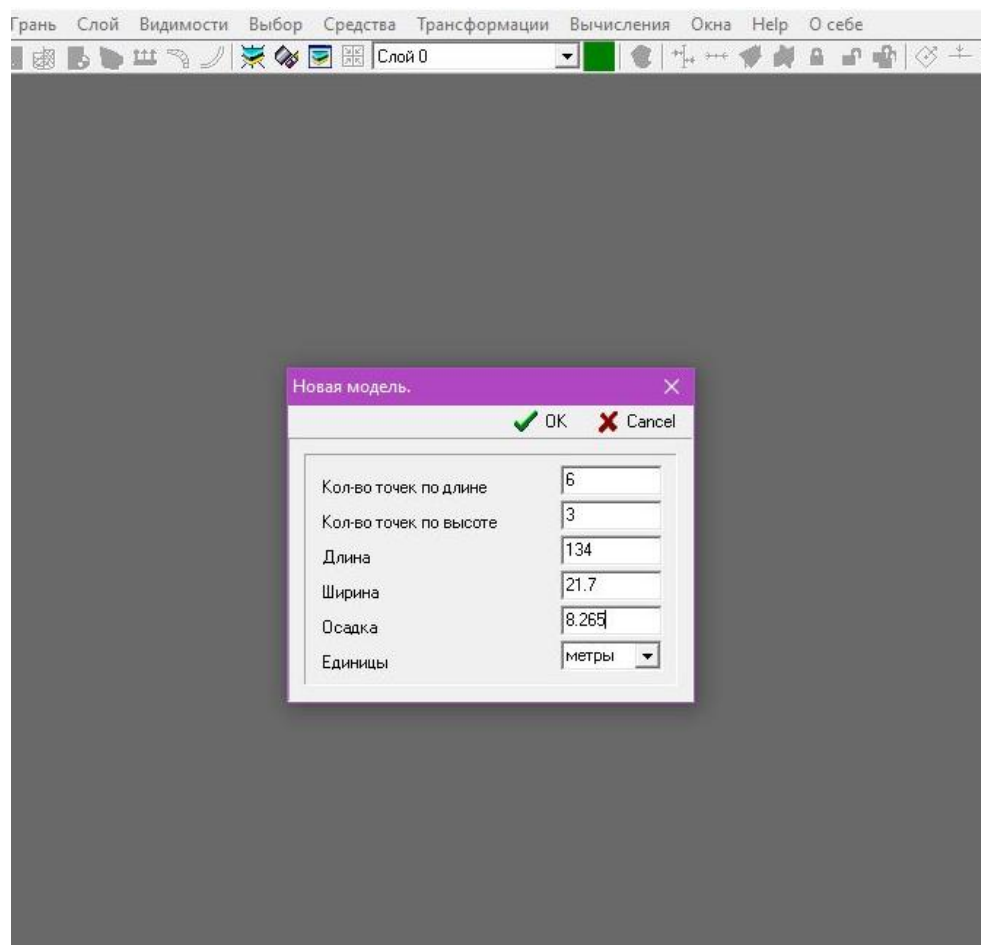


Рисунок 2.1 – Окно «Новая модель»

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

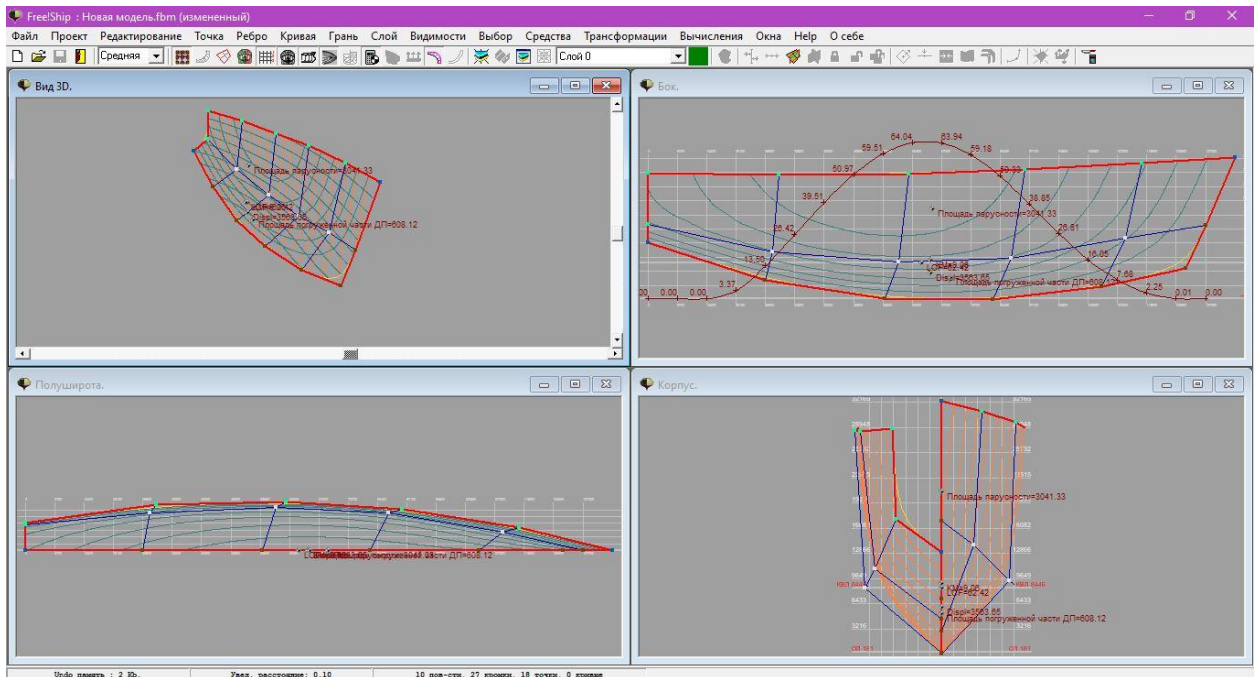


Рисунок 2.2 – Четыре окна с соответствующими видами

Следующим этапом является вставка подложки в виде теоретического чертежа заданного судна, а также ее привязка к начальной точке и масштабирование. Для этого выполним следующие действия для вида «Бок»:

- 1) Выбираем вид «Бок» и раскрываем полностью окно на ширину рабочего поля как показано на рисунке 2.3.

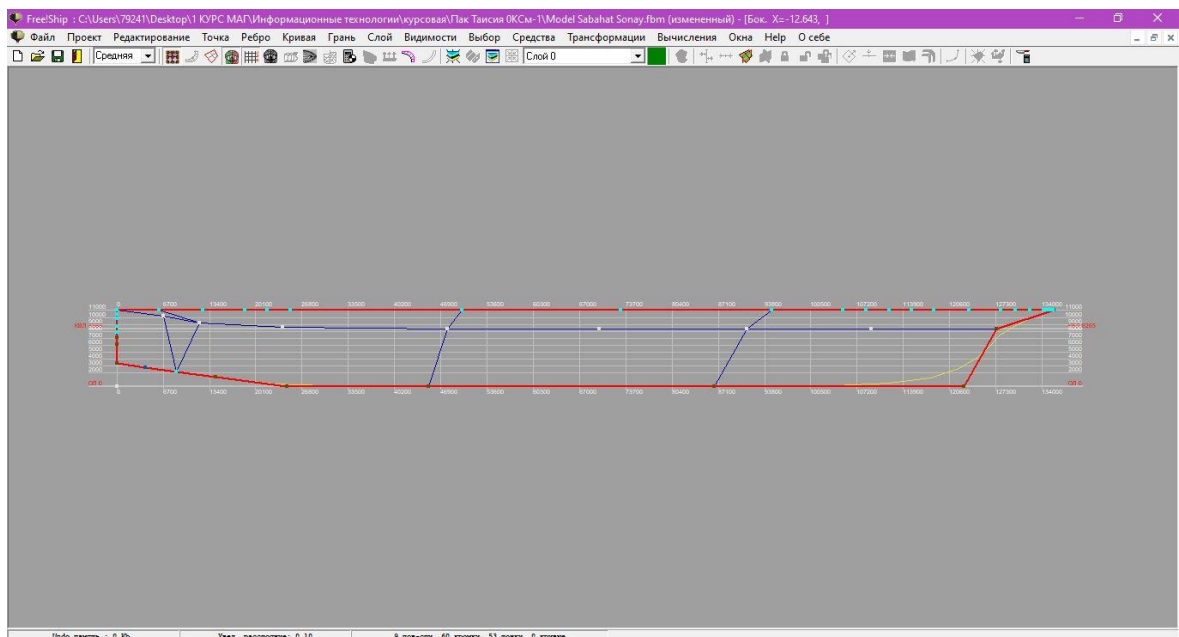


Рисунок 2.3 – Вид «Бок» на ширину рабочего поля

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

2) Вызываем контекстное меню и в нем выбираем пункт «Фоновое изображение», в котором, соответственно, выбираем пункт «Загрузить». Далее выбираем нужное изображение и загружаем подложку (рисунок 2.4).

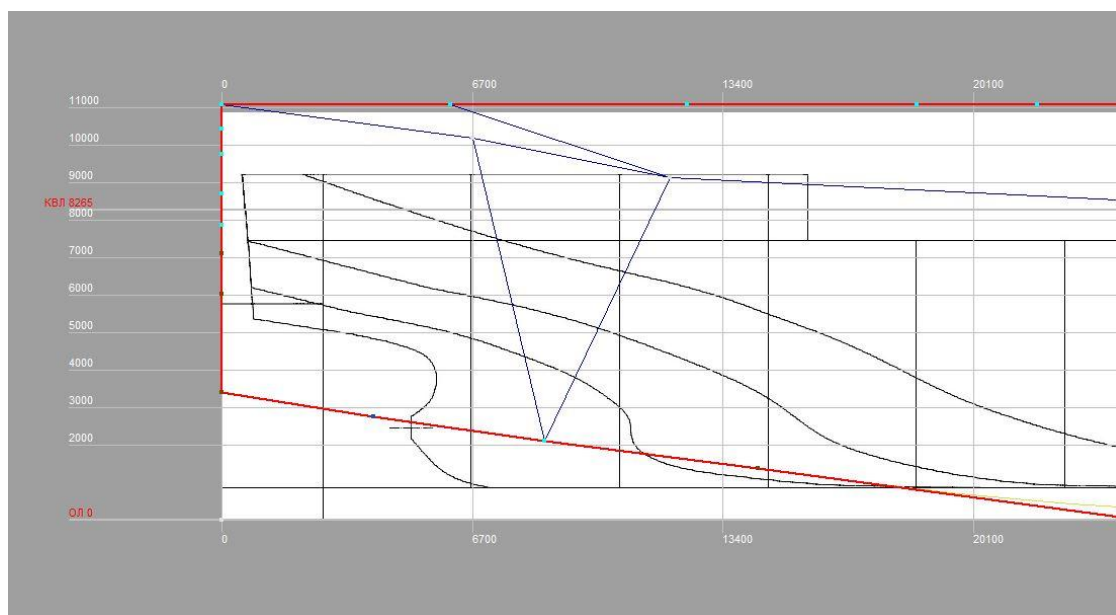


Рисунок 2.4 – Загрузка подложки

3) После загрузки изображение следует привязать к начальной точке. Для этого снова вызываем контекстное меню и выбираем пункт «Фоновое изображение», в котором, соответственно, выбираем пункт «Начало координат».

4) Сопоставляем точку нулевого шпангоута на подложке с координатой (0.0,0.0) на виде «Бок» теоретического чертежа при помощи зажимания левой кнопки мыши и перетягивания подложки (рисунок 2.5). Полученный вид наблюдаем на рисунке 2.6.

5) Далее масштабируем изображение. Для этого, как и ранее, вызываем контекстное меню и выбираем «Фоновое изображение», в котором, соответственно, выбираем пункт «Установить масштаб».

6) Для того, чтобы задать масштаб необходимо выбрать любой шпангоут, кроме 20 (у данного шпангоута координата соответствует значению (0.0,0.0)). Выбираем, к примеру, 18 шпангоут. Его координата соответствует

значению (13.4,0.0). Для того чтобы шпангоут с подложки совпал по масштабу со шпангоутом теоретического чертежа необходимо задать ему нужную координату. Для этого выполняем пункт 5. Далее нажимаем левой кнопкой мыши в точку на 18 шпангоуте как показано на рисунке 2.7. В появившемся окошке «Шкала» (рисунок 2.8) набираем нужную координату (13.4,0.0) (задаем масштаб) и нажимаем «Ок». Результат представлен на рисунке 2.9.

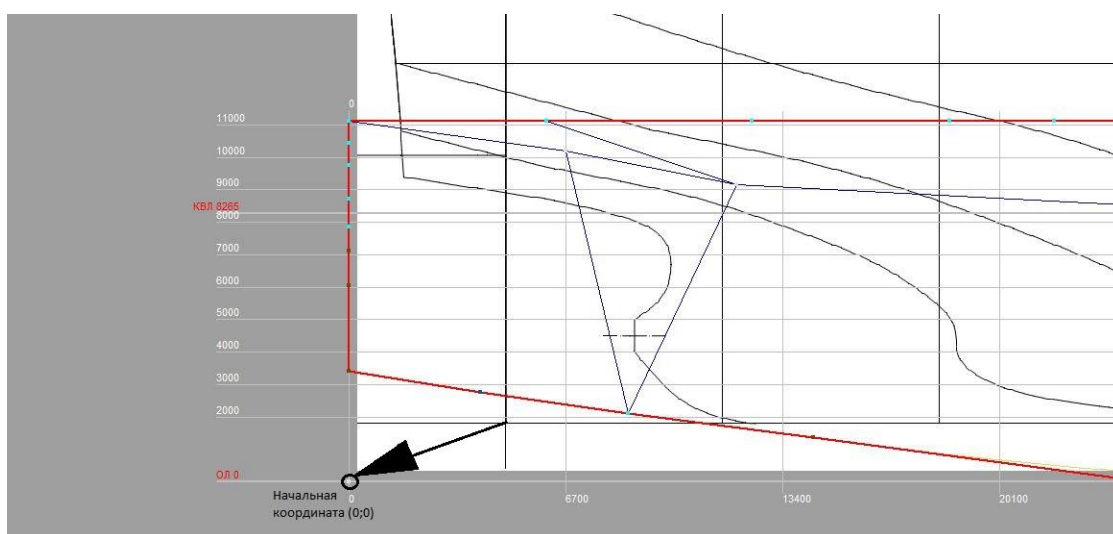


Рисунок 2.5 – Процесс перемещения подложки

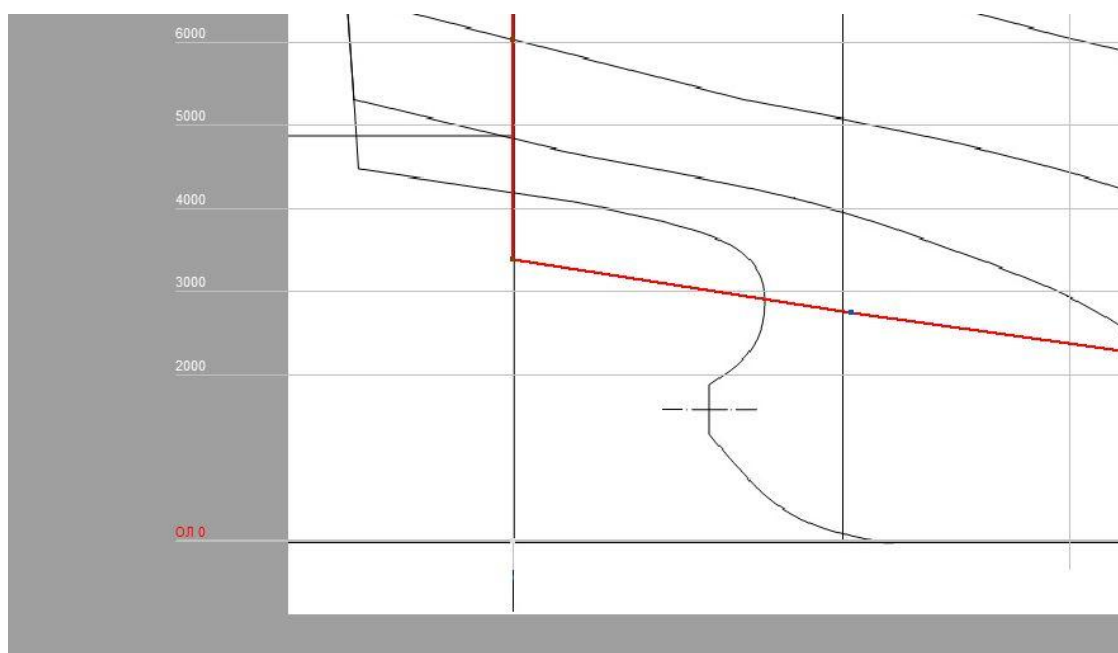


Рисунок 2.6 – Привязка подложки к начальной точке

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

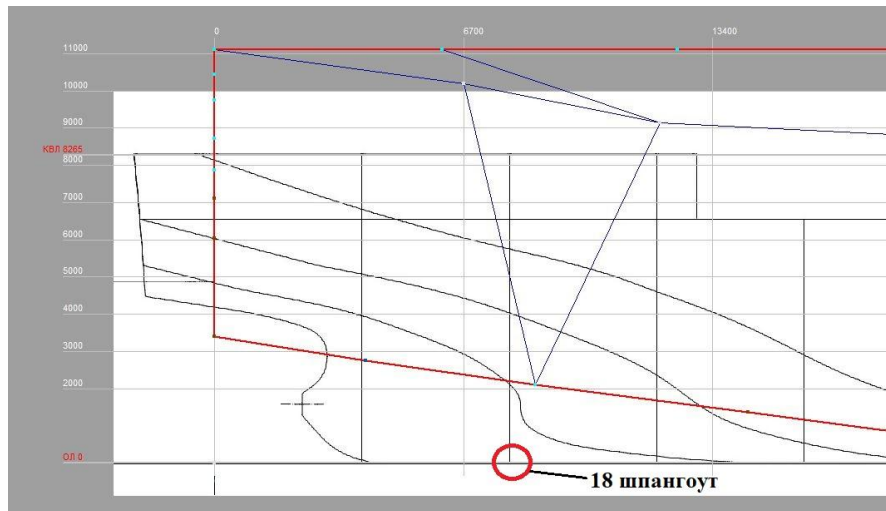


Рисунок 2.7 – Точка 18 шпангоута

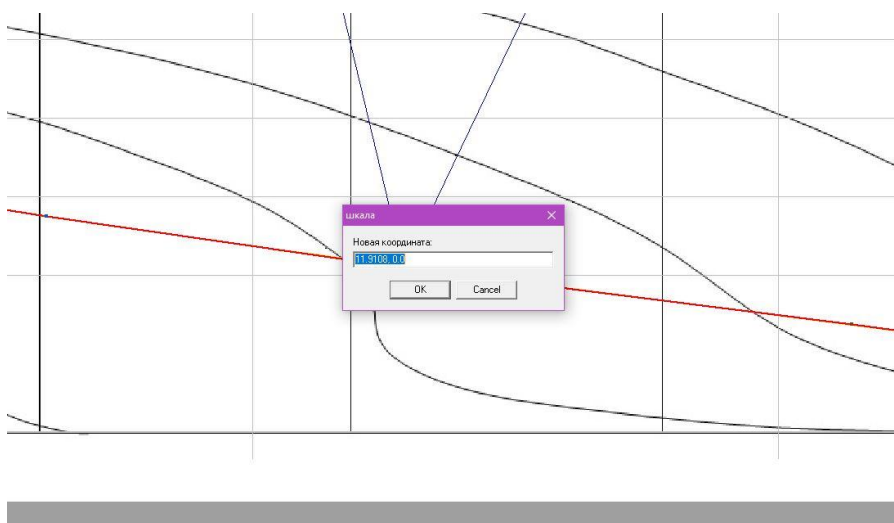


Рисунок 2.8 – Окно «Шкала»

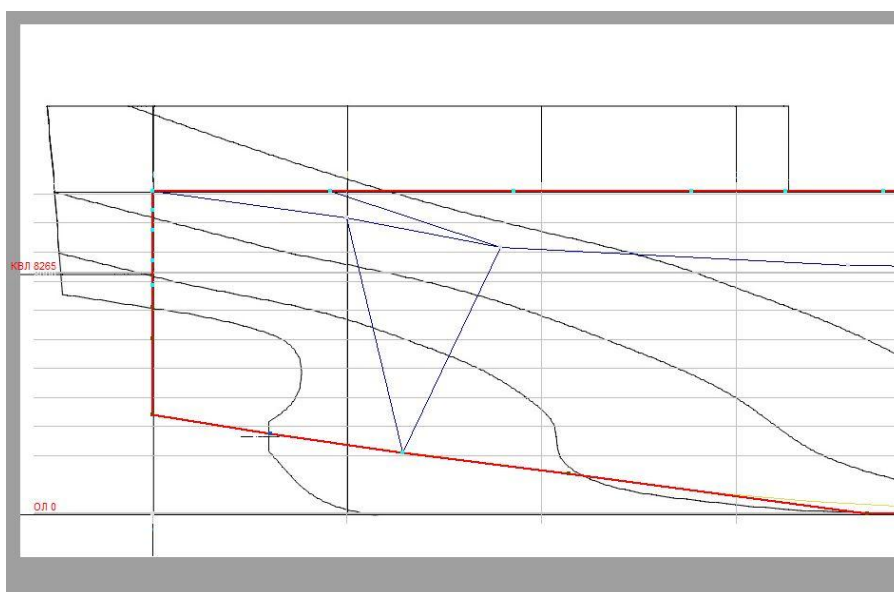


Рисунок 2.9 – Результат масштабирования

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

СКБ КИТ.2.ИП.020000ПЗ

Аналогичным образом поступаем с видами «Полуширота» и «Корпус».

Для удобства моделирования поверхности по подложке необходимо убрать фон подложки, чтобы остались только обводы формы корпуса. Для этого на определенном виде теоретического чертежа вызываем контекстное меню и выбираем «Фоновое изображение», в котором, соответственно, выбираем пункт «Прозрачность цвета» и левой кнопкой мыши нажимаем в любое место на подложке. Результат использования данной команды можно наблюдать на рисунке 2.10.

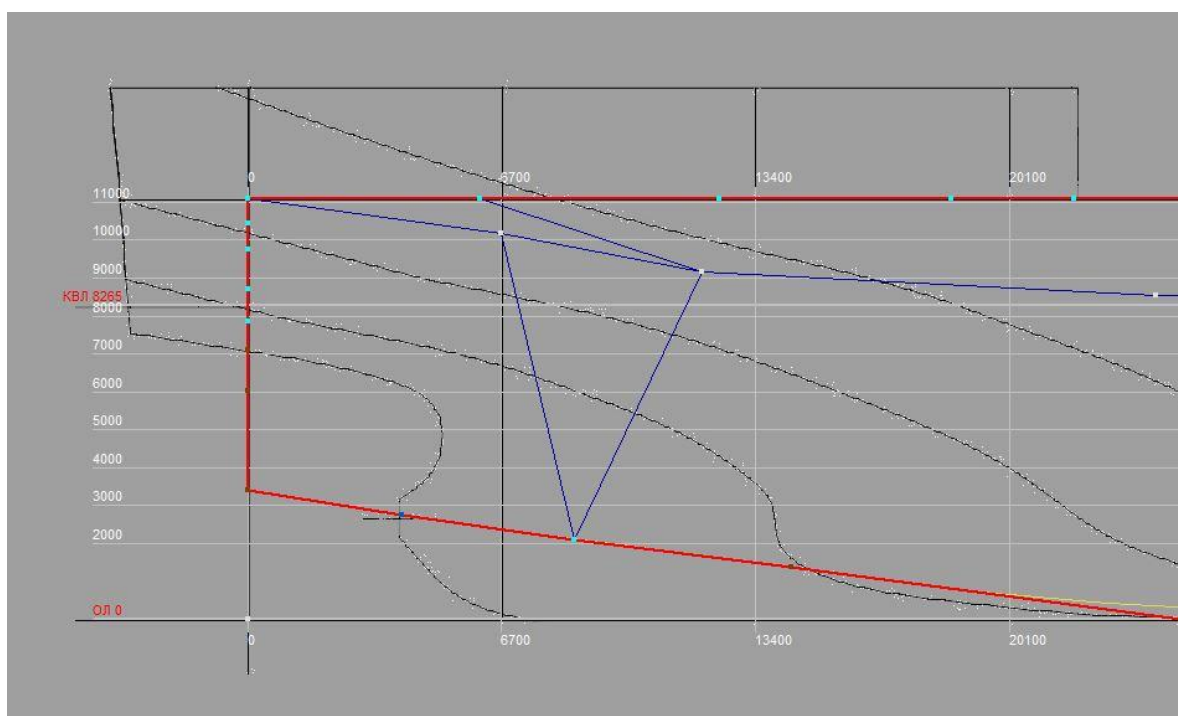


Рисунок 2.10 – Результат команды «Прозрачность цвета»

## 2.2 Процесс моделирования поверхности судна

Помимо существующих команд в программе FreeShip, таких как, например, работа с ребрами, точками, гранями, не менее важными являются управляющие точки. При помощи них происходит сглаживание обводов корпуса судна, а также создание бульба, транцевой кормы, бака и юта. Целью работы данного раздела является создание модели поверхности судна.

					СКБ КИТ.2.ИП.020000ПЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		22

После того как мы привязали подложку к начальной координате и отмасштабировали, необходимо крайние управляющие точки отредактировать по высоте, длине и ширине судна. Сделать это можно выделив их и задав нужные значения координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . В результате чертеж будет выглядеть на рисунке 2.11.

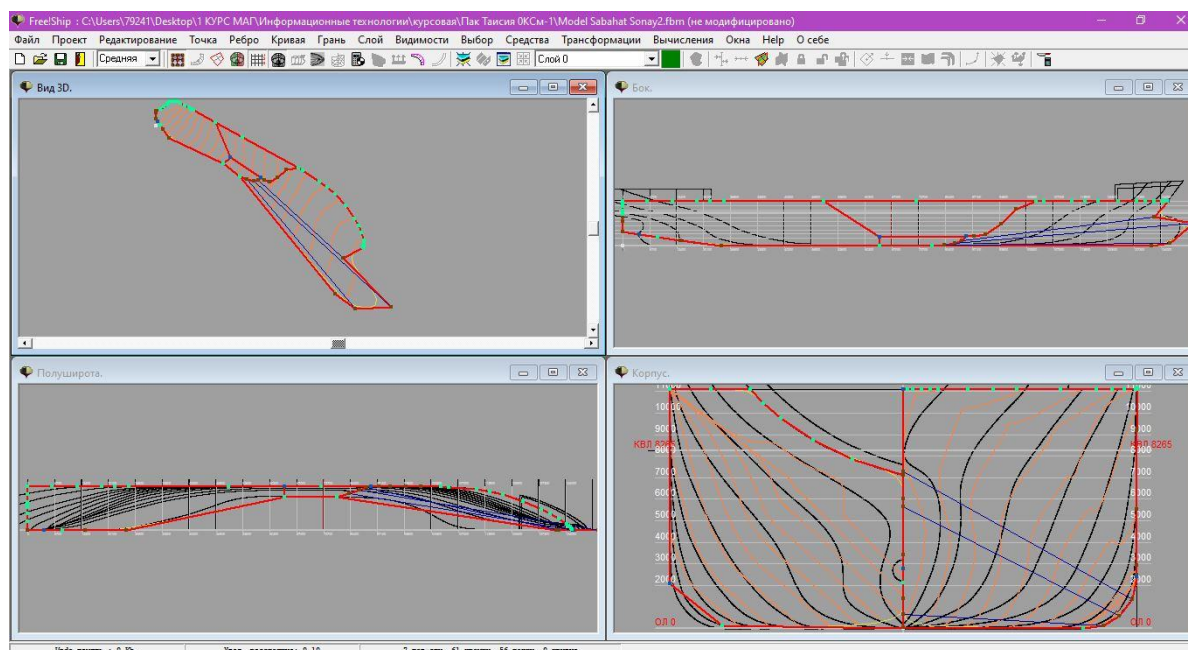


Рисунок 2.11 – Редактирование крайних управляющих точек

Далее происходит процесс формирования носовой, кормовой частей и цилиндрической вставки.

Самым сложным фрагментом носовой части является бульб. Для его создания необходимо создать дополнительные шпангоуты и ватерлинии, а также управляющие точки. Следить за выравниванием бульба необходимо на видах «Корпус» и «Бок». Ориентироваться при выравнивании бульба следует на нулевой шпангоут на виде «Корпус» и на диаметральный батокс на виде «Бок». Фрагменты создания носовой части можно наблюдать на рисунках 2.12-2.14.

После проведенных манипуляций по выравниванию бульбовой части можно визуальную оценить пригодность модели на виде 3D.

					<b>СКБ КИТ.2.ИП.020000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		23



Рисунок 2.12 – Создание бульбовой части

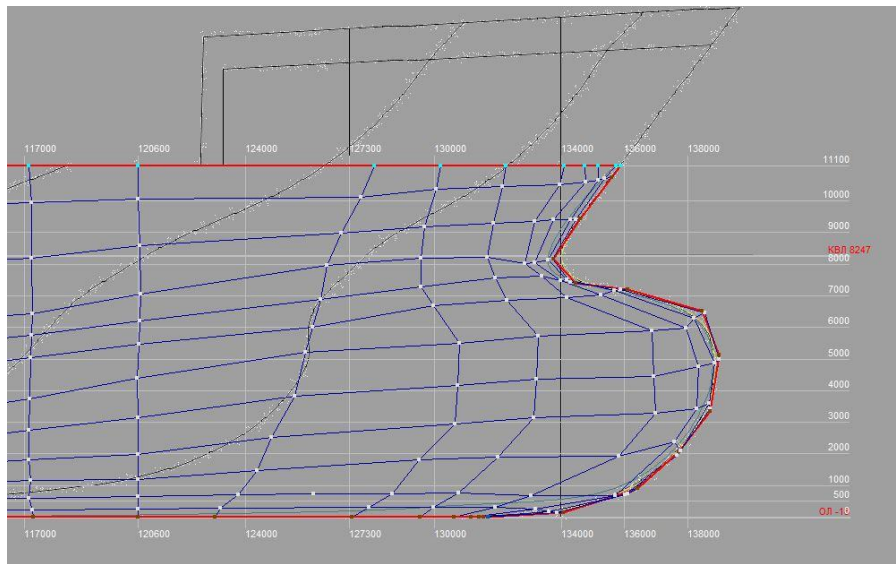


Рисунок 2.13 – Создание бульбовой части

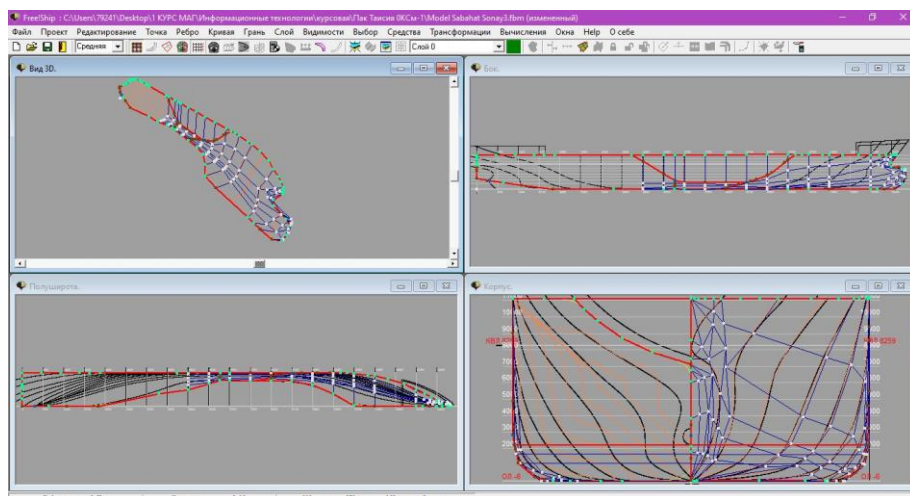


Рисунок 2.14 – Создание бульбовой части

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.



Для создания цилиндрической вставки необходимо на виде «Корпус» отредактировать шпангоуты в соответствии с подложкой. При этом следует контролировать на виде «Полуширота» ватерлинии, а на виде «Бок» батоксы и диаметральный батокс.

Далее подробно опишем процесс создания кормовой части судна.

Исходный вид неотредактированной кормовой части можно наблюдать на рисунке 2.15.

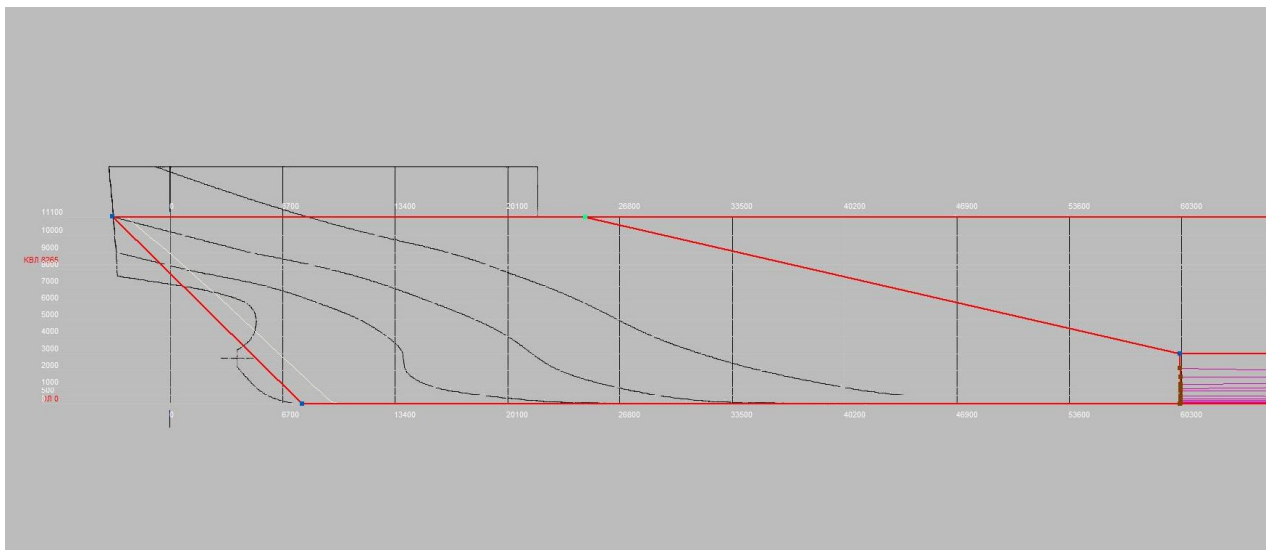


Рисунок 2.15 – Исходный вид кормовой части

Для создания кормовой части выполним следующие пункты:

1) Создадим точки на кормовом и скуловом ребрах судна как показано на рисунке 2.16.

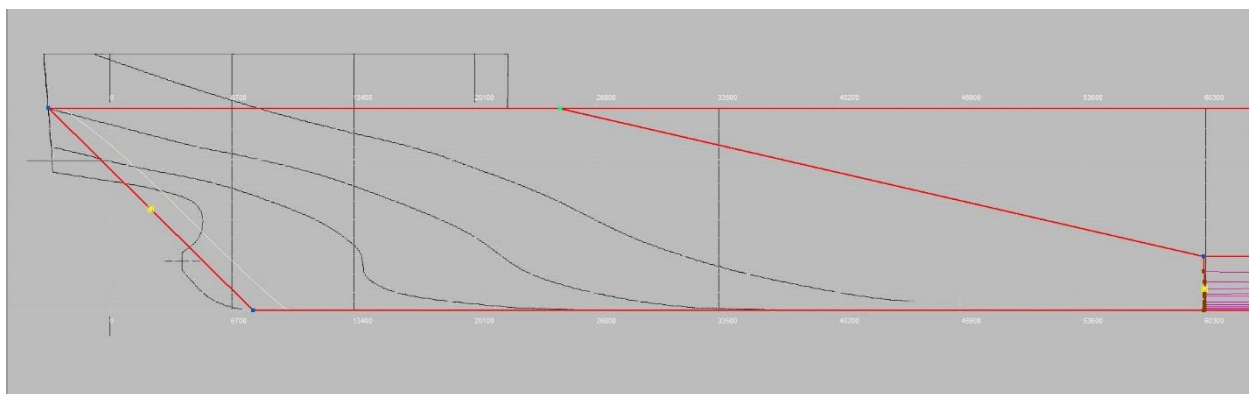


Рисунок 2.16 – Редактирование кормовой части судна

2) Далее соединяем ранее созданные точки при помощи команды по созданию ребра (рисунок 2.17).

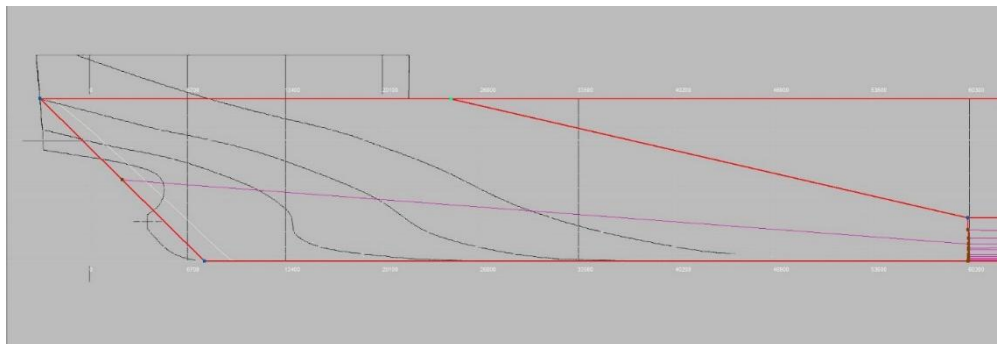


Рисунок 2.17 – Редактирование кормовой части судна

3) Аналогичным образом создаем точки и ребра по всей площади кормовой части (рисунок 2.18).

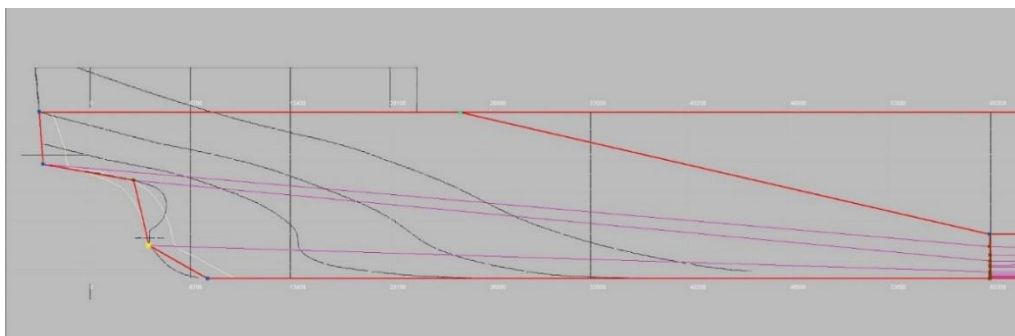


Рисунок 2.18 – Редактирование кормовой части судна

4) По ходу создания ребер следует также редактировать диаметральный батокс в районе кормы по форме подложки. Данный процесс можно наблюдать на рисунках 2.19-2.21.

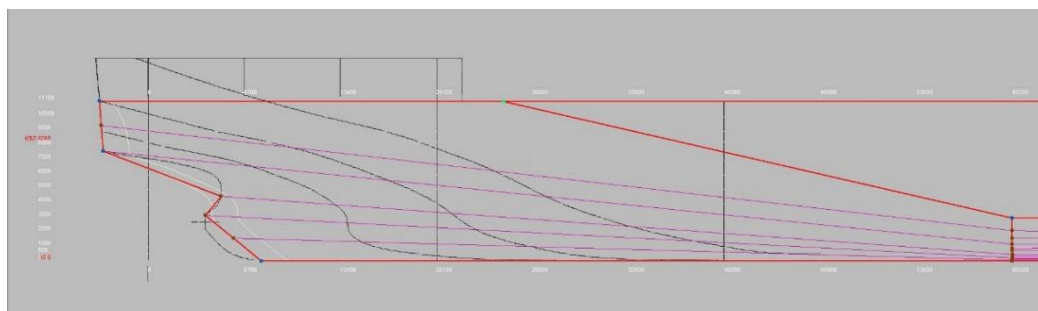


Рисунок 2.19 – Редактирование кормовой части судна

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

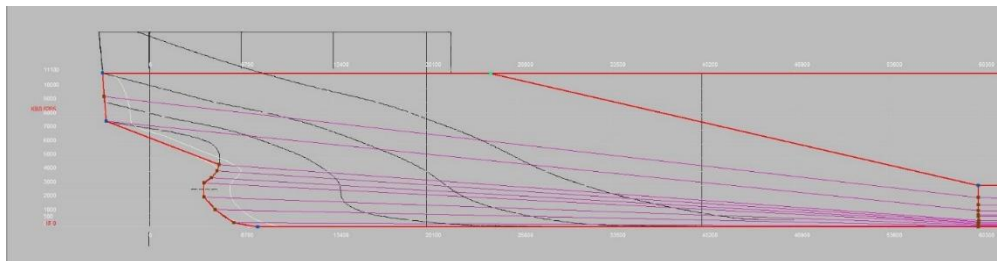


Рисунок 2.20 – Редактирование кормовой части судна

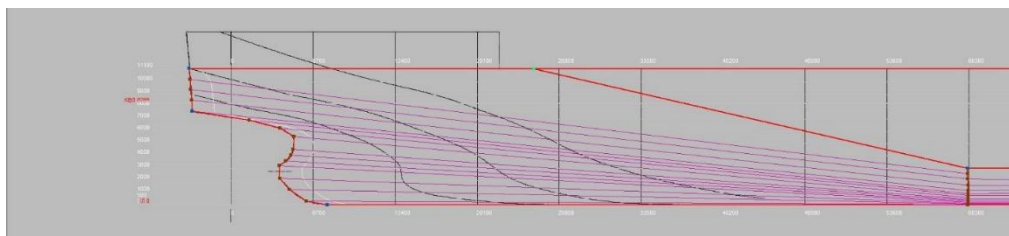


Рисунок 2.21 – Редактирование кормовой части судна

5) Следующим этапом создания кормовой части будет редактирование кормовых шпангоутов. Для этого мы будем создавать ребра по подложке теоретического чертежа. Процесс создания таких ребер аналогичен предыдущим пунктам. Для того, чтобы создать такие ребра, необходимо создать точки на главной палубе по всем созданным ранее ребрам, а также на днищевом ребре. Всего таких ребер должно быть по числу шпангоутов или их должно быть достаточно для выравнивания модели кормовой части судна. Процесс создания ребер-шпангоутов можно наблюдать на рисунках 2.22-2.25. Процесс выравнивания ребер-шпангоутов на виде «Корпус» можно наблюдать на рисунках 2.26-2.29. Модель поверхности судна можно наблюдать на рисунке 2.30.

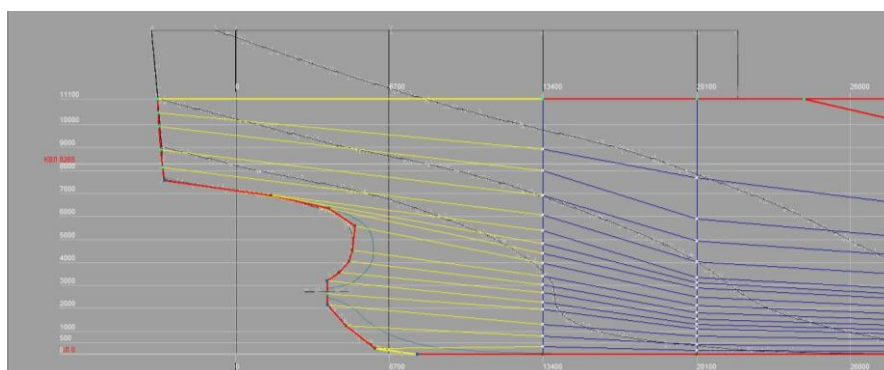


Рисунок 2.22 – Редактирование кормовой части судна

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

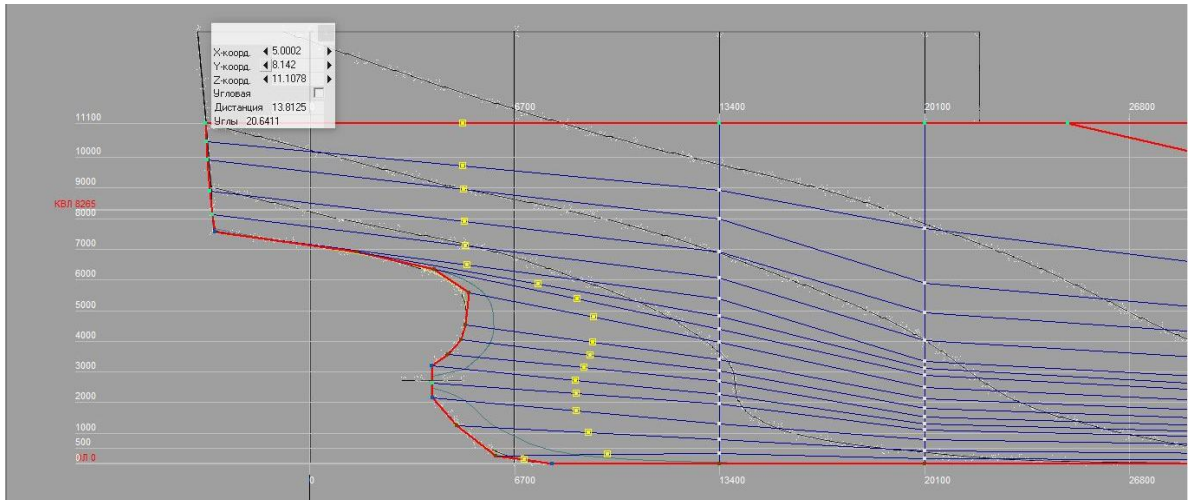


Рисунок 2.23 – Редактирование кормовой части судна

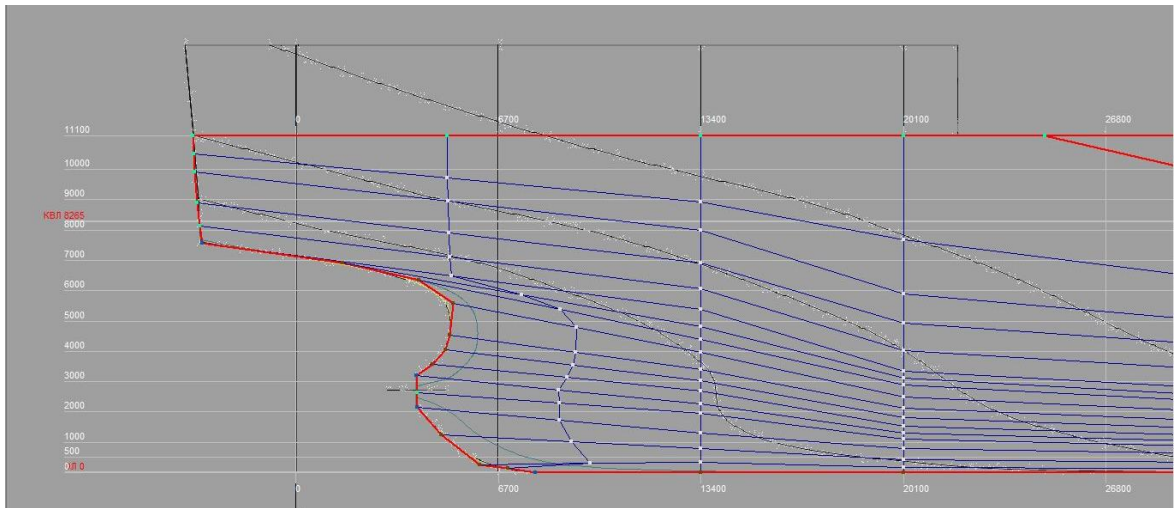


Рисунок 2.24 – Редактирование кормовой части судна

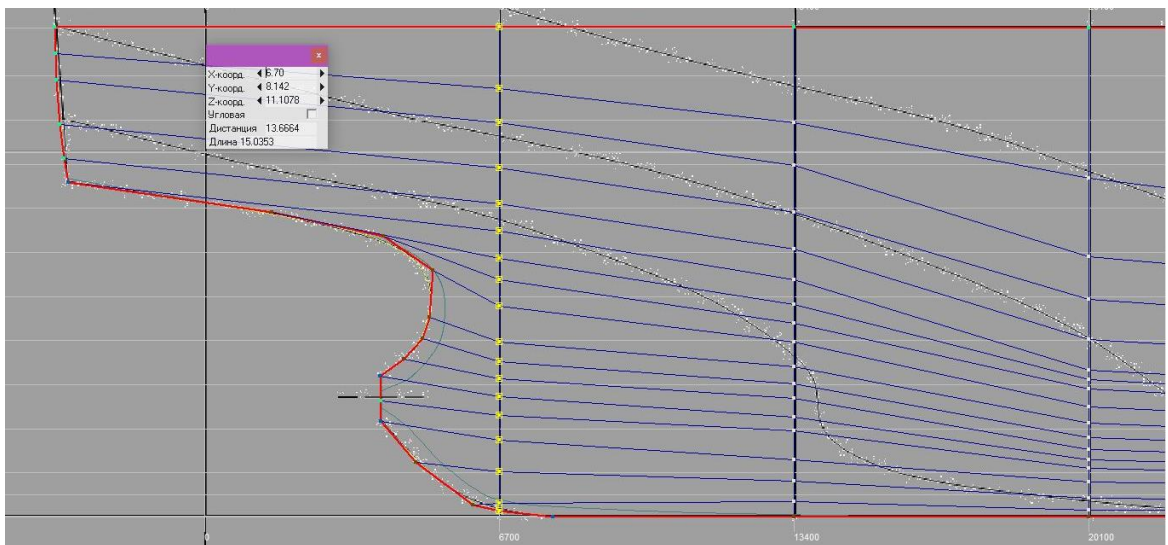


Рисунок 2.25 – Редактирование кормовой части судна

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

СКБ КИТ.2.ИП.020000ПЗ

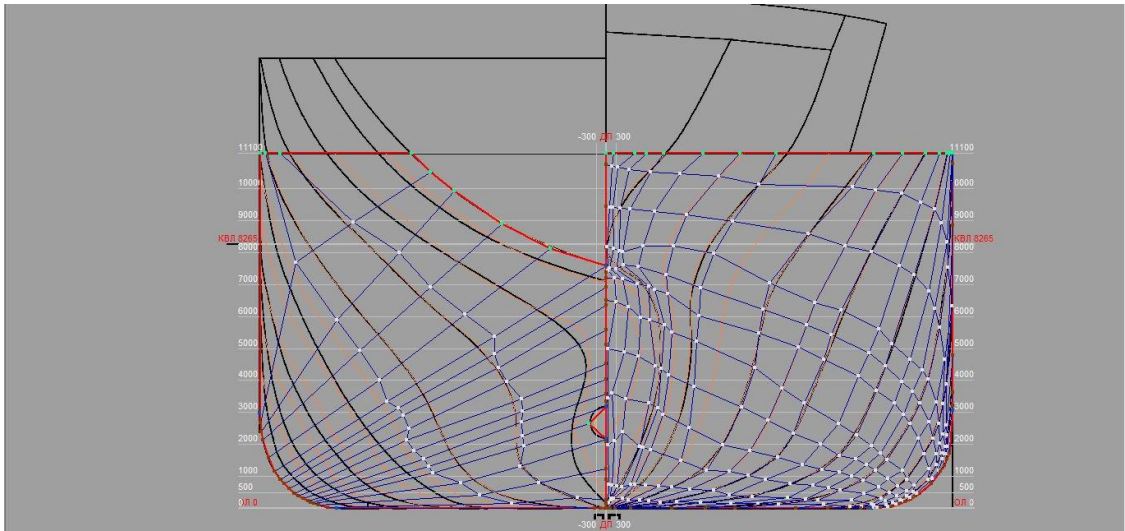


Рисунок 2.26 – Редактирование кормовой части судна

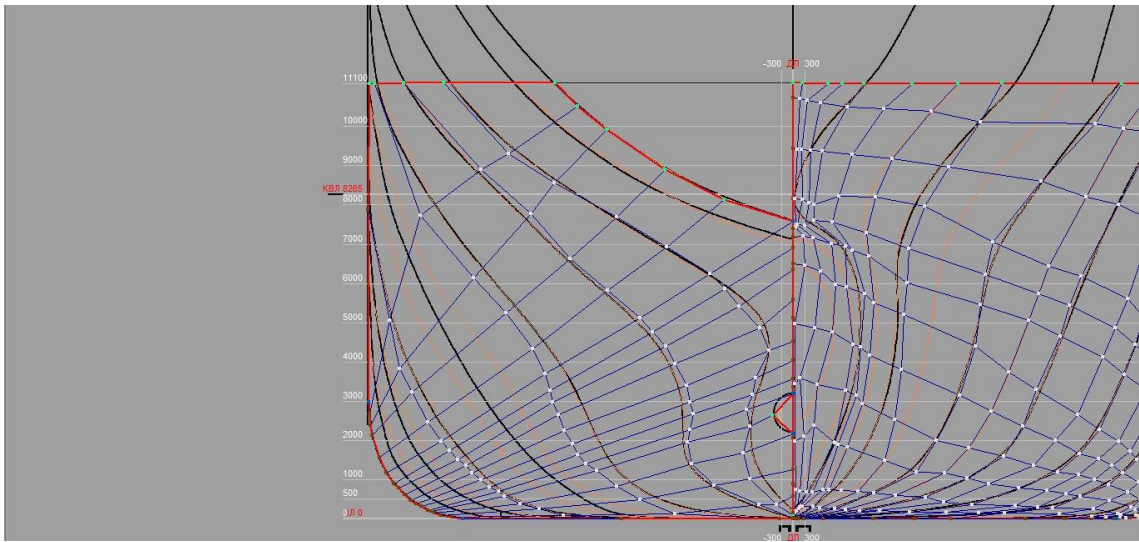


Рисунок 2.27 – Редактирование кормовой части судна

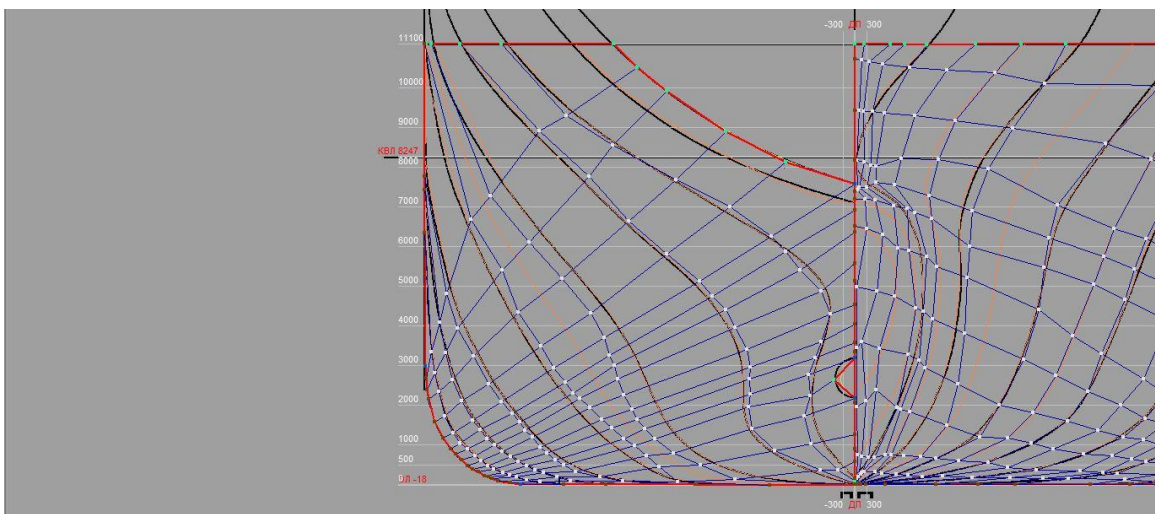


Рисунок 2.28 – Редактирование кормовой части судна

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

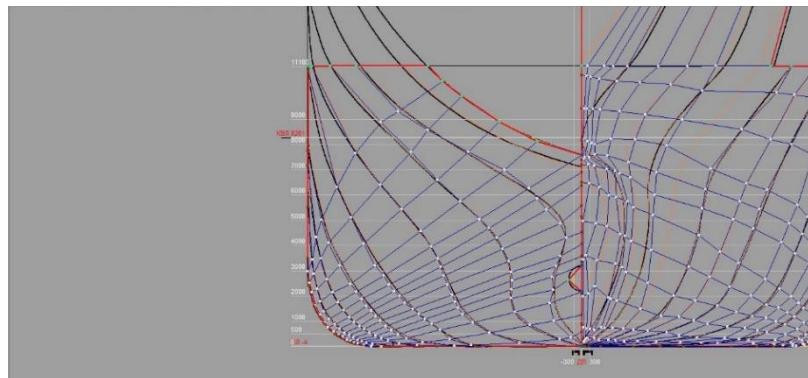


Рисунок 2.29 – Редактирование кормовой части судна

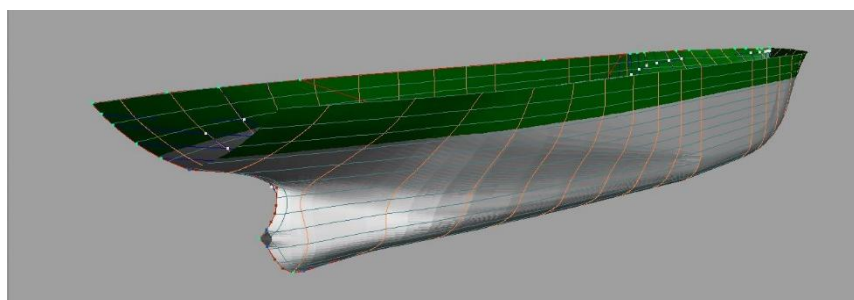


Рисунок 2.30 – 3D-модель поверхности кормовой части судна

### 2.3 Процесс моделирования бака и юта

Далее опишем процесс создания поверхностей бака и юта. Для создания поверхности юта выполним следующие пункты:

- 1) Создадим новую точку в текущем проекте при помощи команды «Точка» → «Добавить». Результат представлен на рисунке 2.31.

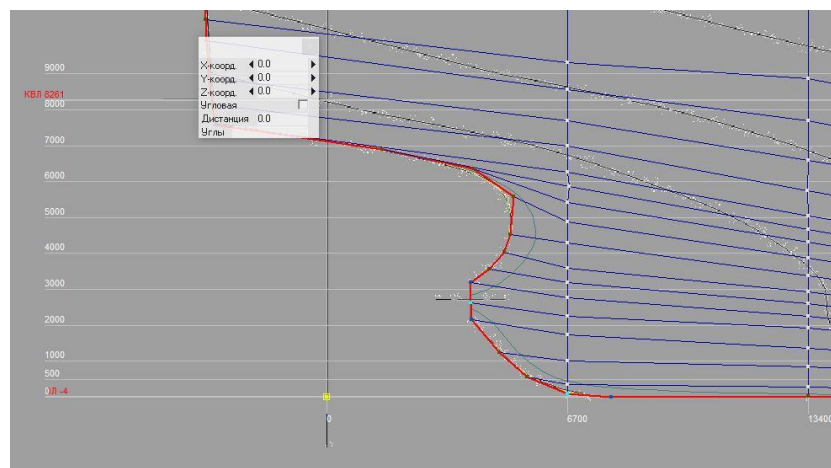


Рисунок 2.31 – Добавление точки

2) Задаем новой точке координаты, соответствующие угловой точке юта. Координаты точки берутся с подложки теоретического чертежа. Далее создаем еще одну точку аналогичным образом. После создания точек создаем новую грань. Выделяем четыре точки, соответствующие новой грани. Далее при помощи команды «Грань» → «Новая» создаем новую грань. Результат представлен на рисунке 2.32.

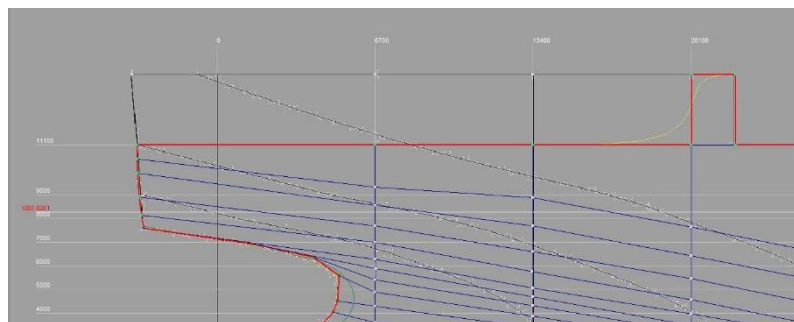


Рисунок 2.32 – Создание новой грани

3) Аналогичные процессы проводим со всеми точками и гранями по периметру стенки юта (рисунки 2.33-2.34).

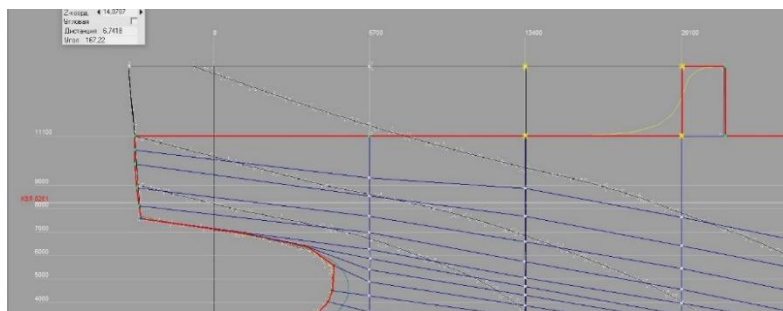


Рисунок 2.33 – Создание поверхности юта

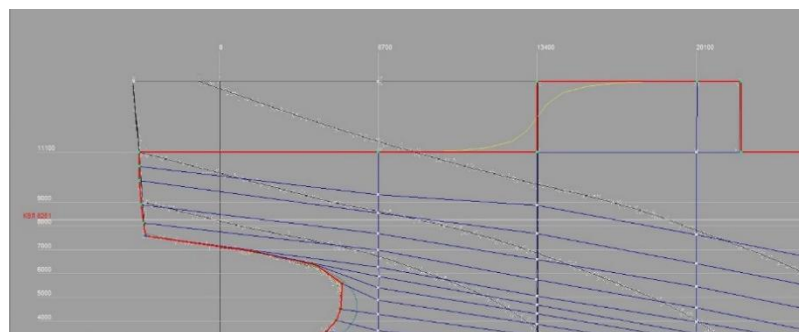


Рисунок 2.34 – Создание поверхности юта

4) Аналогичным образом создаем поверхность бака. Результат представлен на рисунке 2.35.

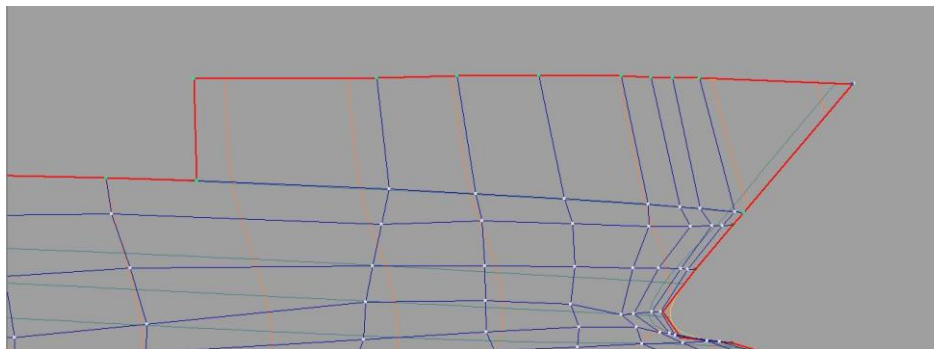


Рисунок 2.35 – Создание поверхности бака

5) Далее создадим главную палубу, палубы бака и юта и транцевую корму. Для создания данных граней необходимо воспользоваться командой «Ребро» → «Вытеснение» (рисунки 2.36-2.38). Результат представлен на рисунке 2.39.

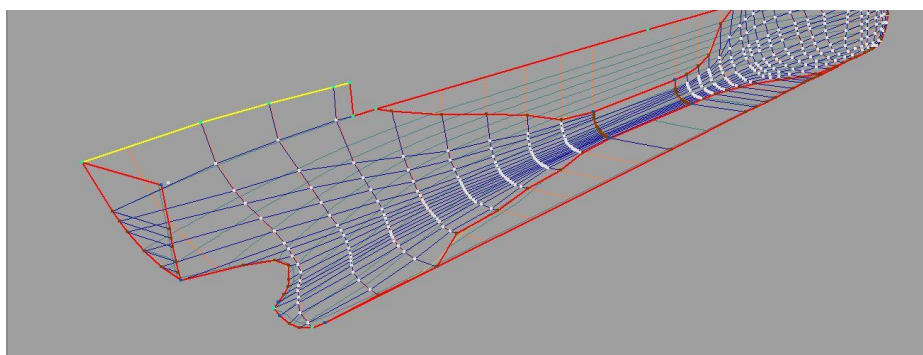


Рисунок 2.36 – Создание палубы юта

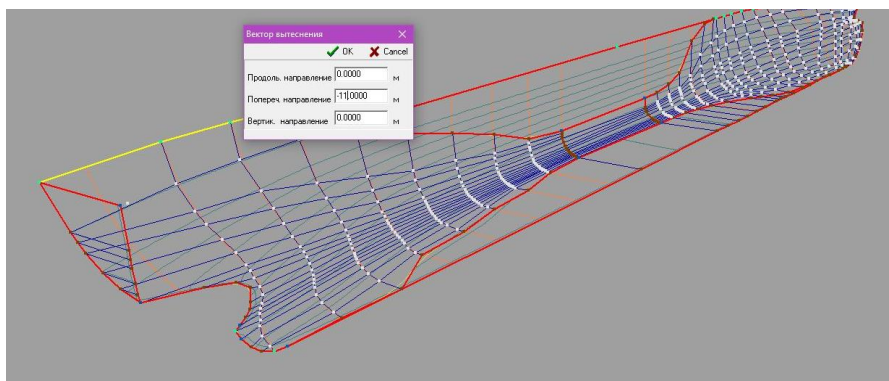


Рисунок 2.37 – Создание палубы юта



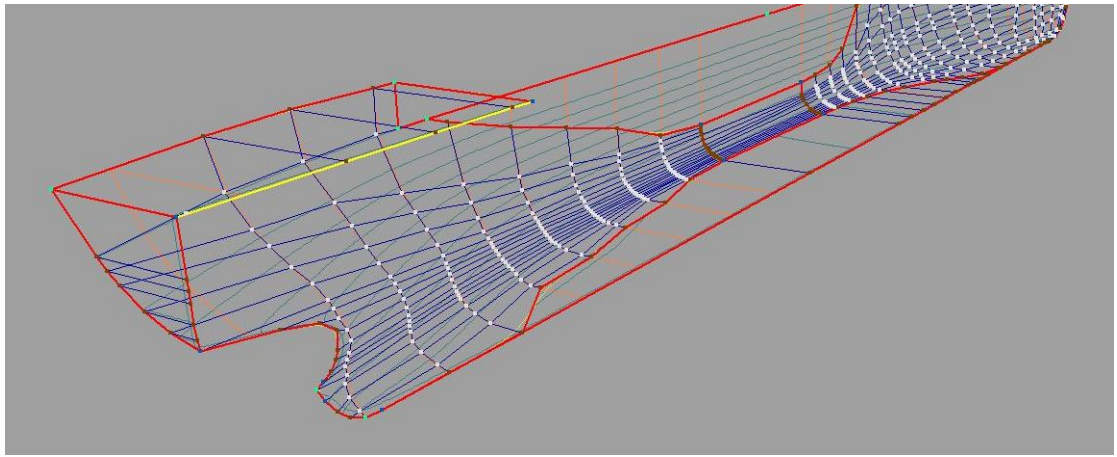


Рисунок 2.38 – Создание палубы юта

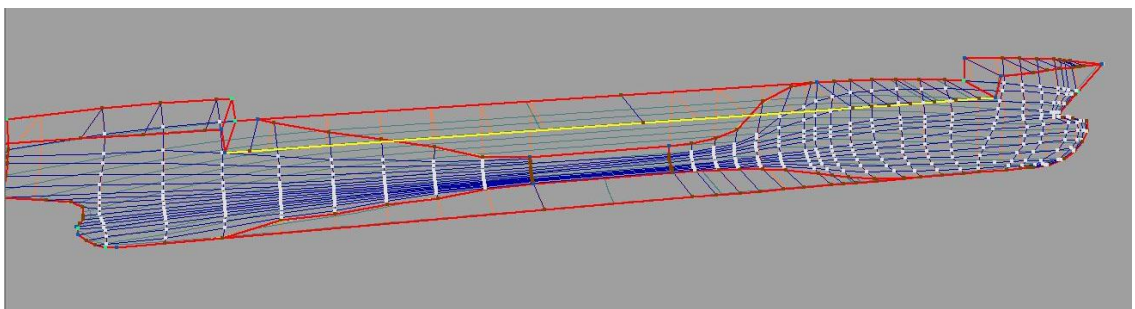


Рисунок 2.39 – Результат создания палуб

В результате проделанных операций получаем смоделированную поверхность корпуса судна «Sabahat Sonay». Данная поверхность представлена на рисунке 2.40.

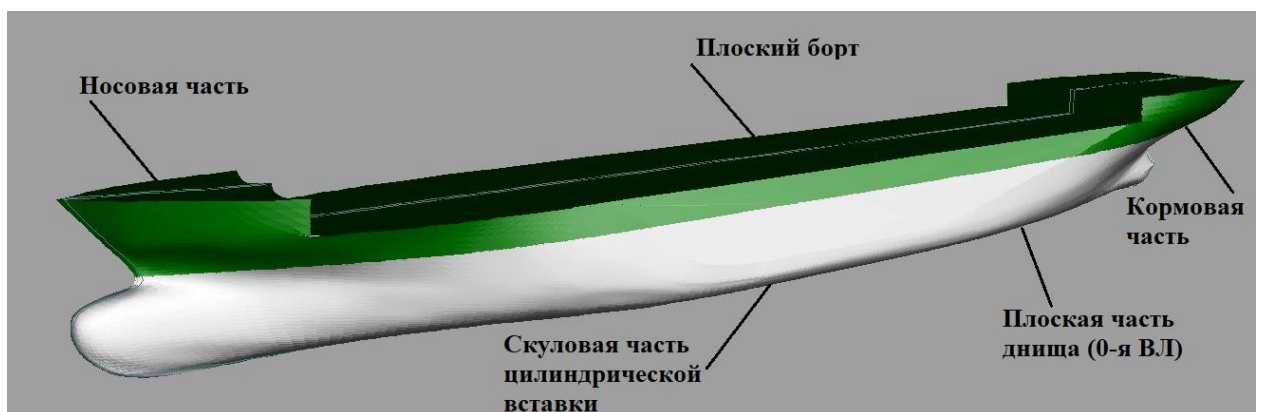


Рисунок 2.40 – Смоделированная поверхность корпуса судна

### 3 Выполнение расчётов функциональных характеристик судна в FreeShip

Пакет FreeShip даёт возможность проведения расчётов гидростатики, устойчивости и ходкости.

#### 3.1 Расчеты гидростатических характеристик

Результаты расчётов представлены на рисунках 3.1-3.2.

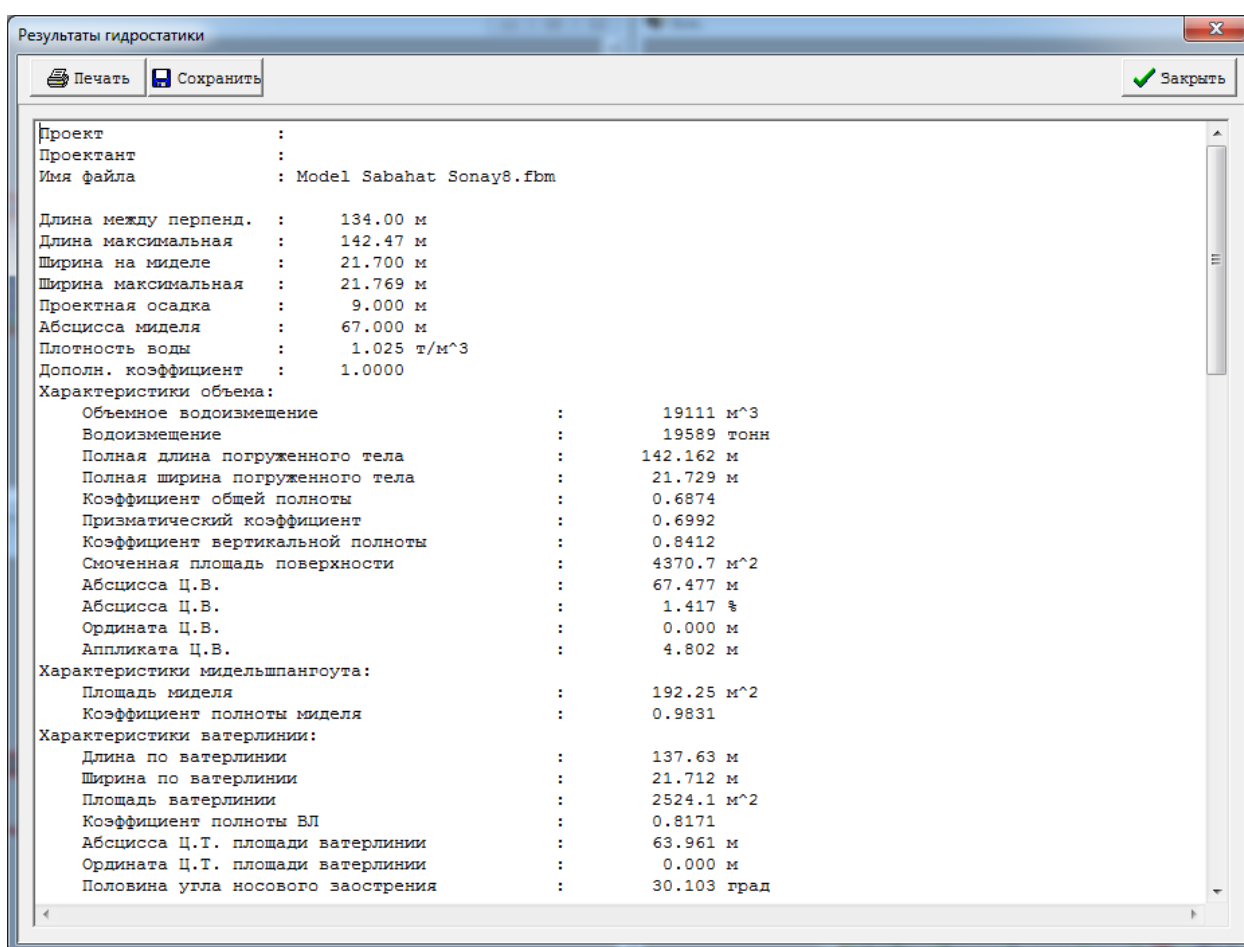


Рисунок 3.1 – Результаты расчёта гидростатики 1

Результаты гидростатики

Печать Сохранить Закреть

Проект :  
 Проектант :  
 Имя файла : Model Sabahat Sonay8.fbm

Длина между перпенд. : 134.00 м  
 Длина максимальная : 142.47 м  
 Ширина на миделе : 21.700 м  
 Ширина максимальная : 21.769 м  
 Проектная осадка : 9.000 м  
 Абсцисса миделя : 67.000 м  
 Плотность воды : 1.025 т/м<sup>3</sup>

Draft	Trim	Lwl	Bwl	Volume	Displ.	LCB	VCB	Cb	Am	Cm	Aw	Cw	LCF	Cp	S	KMt	KMI
м	м	м	м	м <sup>3</sup>	тонн	м	м	[-]	м <sup>2</sup>	[-]	м <sup>2</sup>	[-]	м	[-]	м <sup>2</sup>	м	м
0.500	0.000	129.291	19.693	714.10	731.96	66.556	0.263	0.5609	9.317	0.9462	1611.0	0.6327	67.266	0.5928	1669.7	54.405	1593.5
1.000	0.000	131.223	20.685	1569.2	1608.4	67.147	0.531	0.5781	19.395	0.9376	1794.8	0.6612	67.935	0.6166	1899.9	30.813	904.00
1.500	0.000	132.461	21.306	2497.2	2559.7	67.525	0.799	0.5899	29.845	0.9338	1908.3	0.6762	68.353	0.6317	2079.1	22.326	639.13
2.000	0.000	133.425	21.505	3470.1	3556.8	67.800	1.066	0.6047	40.511	0.9419	1978.5	0.6895	68.638	0.6420	2234.7	17.758	492.92
2.500	0.000	134.013	21.602	4472.5	4584.4	68.013	1.332	0.6180	51.229	0.9486	2029.4	0.7010	68.857	0.6515	2383.5	14.977	402.10
3.000	0.000	134.374	21.687	5497.4	5634.8	68.190	1.596	0.6288	62.083	0.9542	2068.6	0.7099	69.067	0.6590	2529.6	13.163	339.28
3.500	0.000	134.219	21.697	6539.7	6703.2	68.342	1.860	0.6397	72.917	0.9602	2100.1	0.7190	69.189	0.6662	2674.0	11.885	294.21
4.000	0.000	133.898	21.703	7597.2	7787.2	68.460	2.123	0.6493	83.746	0.9647	2129.8	0.7281	69.176	0.6731	2817.5	10.983	261.31
4.500	0.000	133.788	21.707	8669.6	8886.4	68.541	2.386	0.6581	94.622	0.9687	2159.9	0.7378	69.029	0.6794	2961.2	10.340	236.82
5.000	0.000	133.748	21.711	9757.3	10001	68.581	2.650	0.6664	105.463	0.9715	2190.3	0.7480	68.767	0.6859	3105.7	9.877	217.91
5.500	0.000	133.777	21.715	10860	11131	68.583	2.914	0.6742	116.326	0.9740	2220.7	0.7582	68.405	0.6922	3251.4	9.550	202.77
6.000	0.000	134.032	21.720	11978	12278	68.544	3.179	0.6815	127.199	0.9761	2252.2	0.7688	67.920	0.6982	3399.8	9.326	190.59
6.500	0.000	134.725	21.724	13113	13441	68.463	3.445	0.6848	138.024	0.9775	2286.6	0.7762	67.271	0.7006	3553.2	9.184	181.15
7.000	0.000	135.970	21.727	14266	14622	68.335	3.712	0.6789	148.878	0.9789	2324.9	0.7745	66.453	0.6936	3713.7	9.107	174.13
7.500	0.000	137.118	21.728	15439	15825	68.156	3.981	0.6699	159.639	0.9796	2369.7	0.7711	65.562	0.6838	3879.4	9.084	169.81
8.000	0.000	137.208	21.726	16637	17053	67.941	4.252	0.6738	170.464	0.9806	2422.1	0.7848	64.839	0.6871	4044.6	9.106	168.11
8.500	0.000	137.311	21.721	17861	18308	67.710	4.526	0.6805	181.358	0.9819	2474.0	0.8012	64.326	0.6930	4208.0	9.166	166.41
9.000	0.000	137.628	21.712	19111	19589	67.477	4.802	0.6874	192.250	0.9831	2524.1	0.8171	63.961	0.6992	4370.7	9.258	164.51
9.000	0.000	137.628	21.712	19111	19589	67.477	4.802	0.6874	192.250	0.9831	2524.1	0.8171	63.961	0.6992	4370.7	9.258	164.51

Рисунок 3.2 – Результаты расчёта гидростатики 2

Рассчитанные характеристики соответствуют спецификационным с минимальной погрешностью. Так погрешность расчетного значения водоизмещения по 3D-модели составляет менее 0,5%. Это говорит о большой точности реинжиниринга формы корпуса исследуемого судна.

### 3.2 Расчеты остойчивости

По рассчитанной аппликате центра тяжести, в пакете FreeShip производится расчёт остойчивости. Для этого необходимо внести данные расчёта: весовое водоизмещение, т, ожидаемый ЦТ, м, площадь скуловых килей, м<sup>2</sup>, площадь парусности, м<sup>2</sup>, ЦТ парусности над ГВЛ, м, и угол входа палубы в воду, град. Результаты представлены на рисунке 3.3.

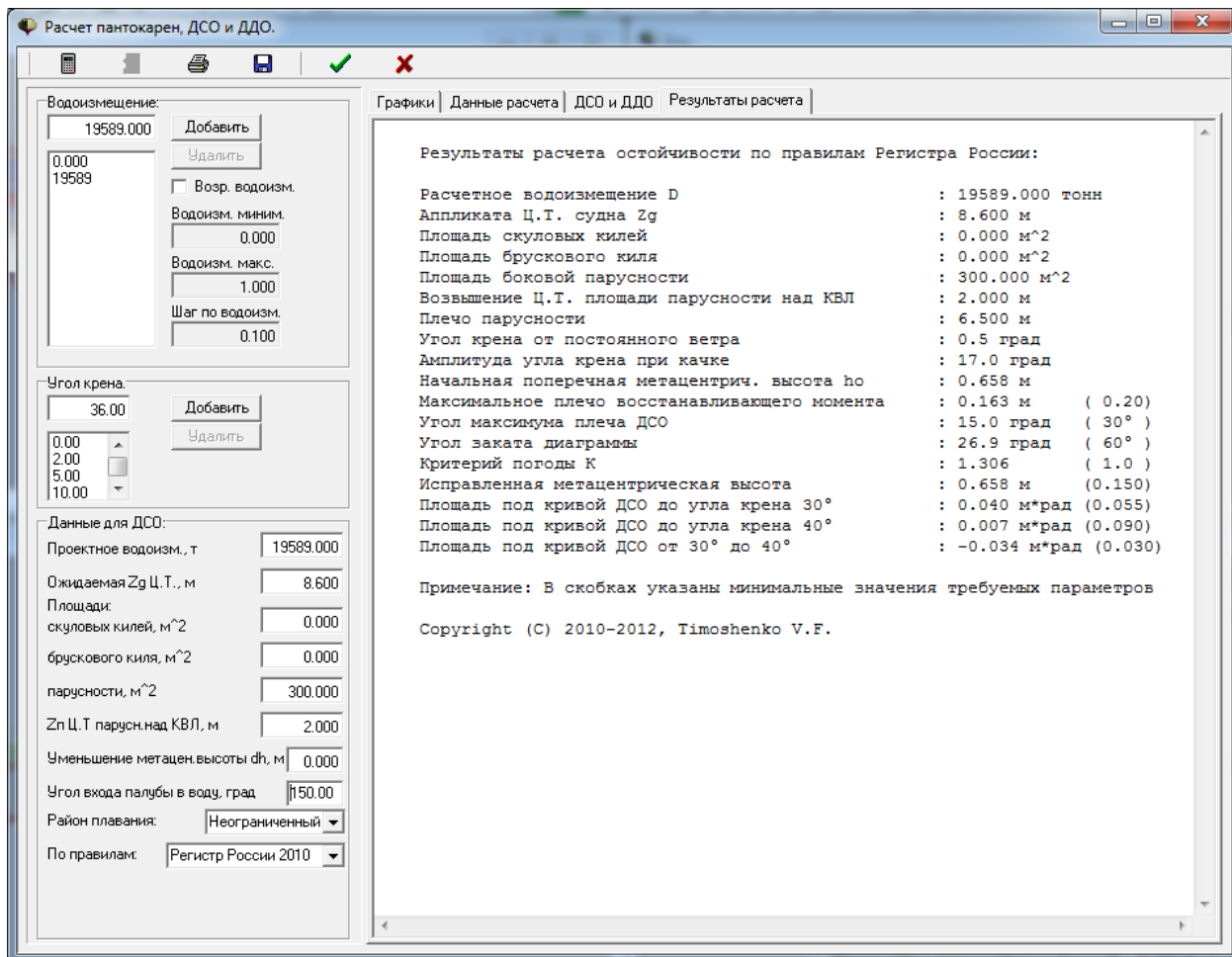


Рисунок 3.3 – Результаты расчёта устойчивости при подобранной  $z_g$

Параметры устойчивости удовлетворяют нормам РМРС.

### 3.3 Расчеты ходкости

Расчёт ходкости проводился с осадкой по КВЛ. Для контейнеровоза использовался «Метод Holtrop-1988(1984) для морских транспортных судов». В открывшемся окне (рисунок 3.4) задаётся диапазон расчетных скоростей с шагом в 1 узел, информация по корпусу принимается с текущего проекта, задаётся коэффициент формы кормы, количество гребных винтов и диаметр, снятый с чертежа общего расположения.

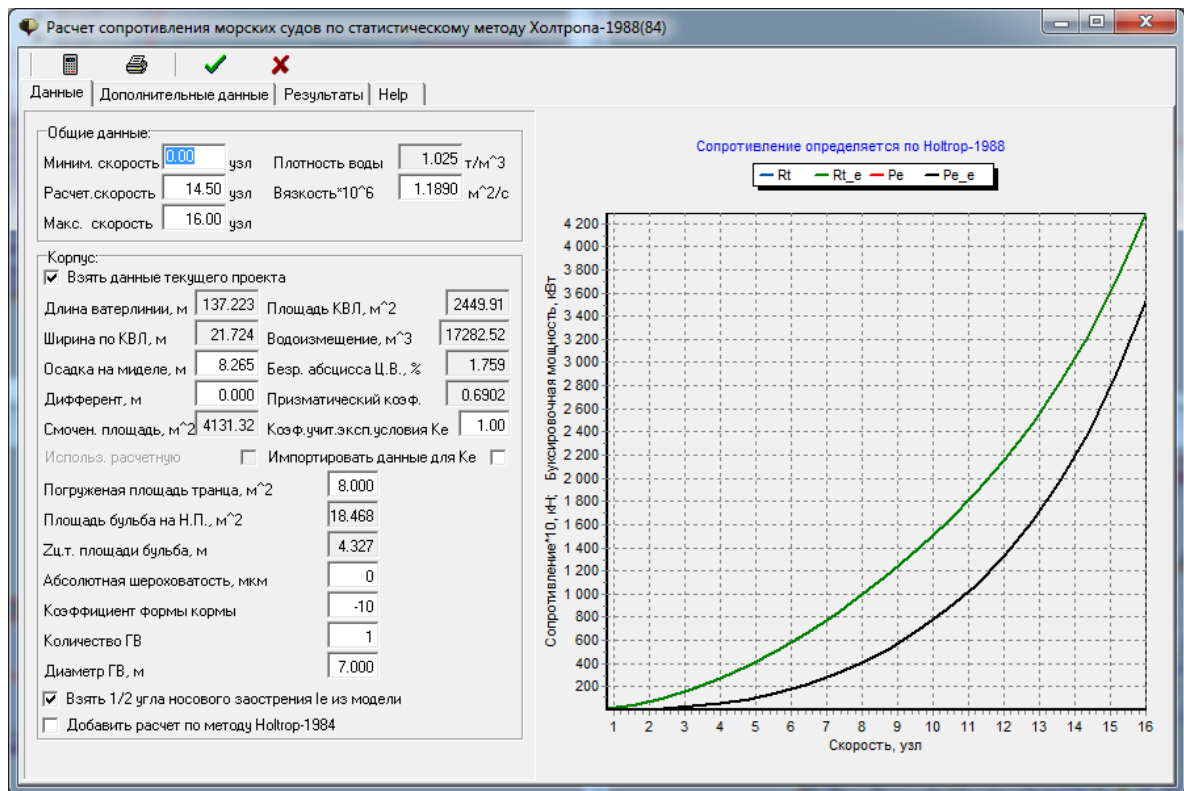


Рисунок 3.4 – Окно ввода данных при расчёте ходкости в программе FreeShip

Результаты расчёта ходкости по методу Холтропа приведены в таблице на рисунке 3.5.

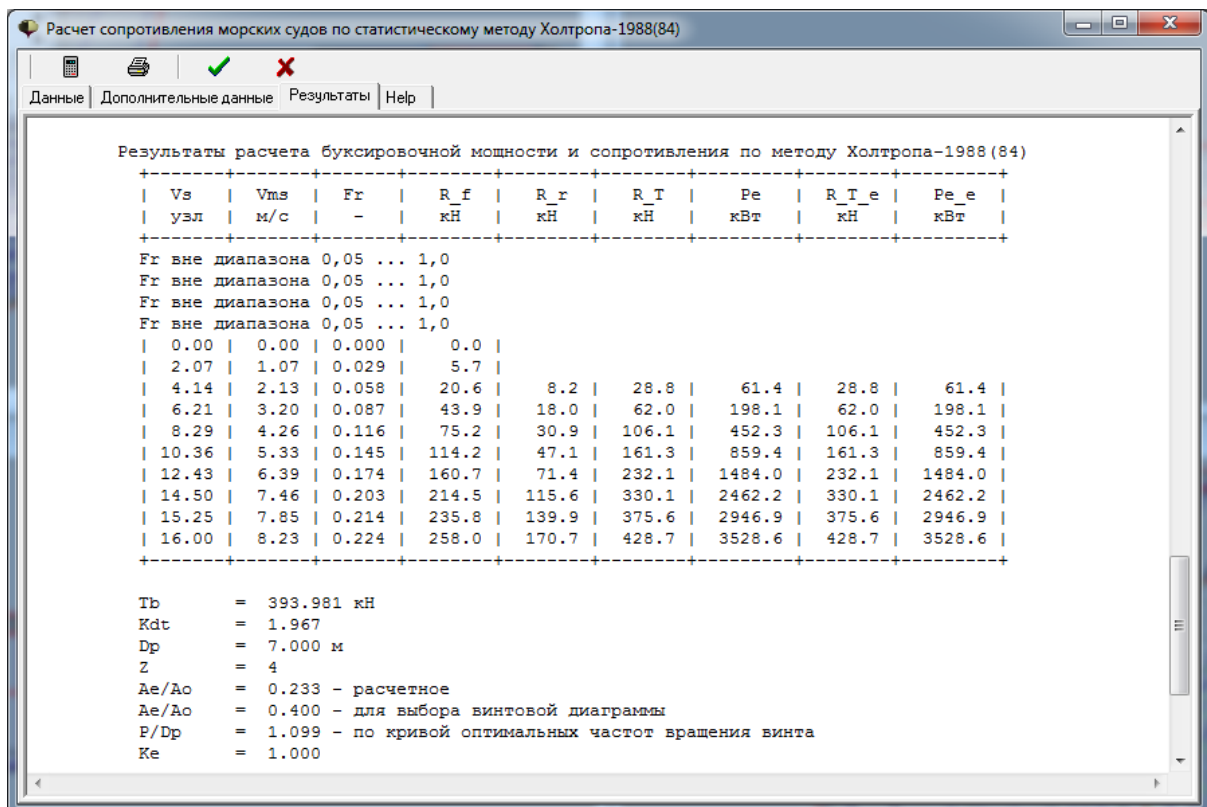


Рисунок 3.5 – Результаты расчёта ходкости

## Заключение

В результате выполнения проекта была разработана 3D модель корпуса универсального сухогрузного судна «Sabahat Sonay».

На основе разработанной модели корпуса судна были выполнены расчеты гидростатических характеристик, ходкости и остойчивости.

В соответствии с заданием была разработана следующая конструкторская документация:

- 3D модель поверхности корпуса судна;
- теоретический чертеж (Приложение А).

По результатам выполнения проекта был выполнен доклад на VI Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных «МОЛОДЁЖЬ И НАУКА: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ» на тему «Анализ проектных характеристик многоцелевого сухогрузного судна «Sabahat Sonay»» (Приложение Б).

Разработанный на базе 3D модели теоретический чертеж корпуса универсального сухогрузного судна «Sabahat Sonay» был выдан в качестве исходной информации для выполнения ВКР бакалавра по направлению подготовки «Кораблестроение, океанотехника и системотехника морской инфраструктуры».

Также данная компьютерная модель корпуса судна может быть использована в учебном процессе в качестве прототипа при выполнении курсового проекта по дисциплине «Проектирование судов», а также основой для разработки корпусных конструкций по дисциплинам связанных с САПР

					<b>СКБ КИТ.2.ИП.000000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		38

## Список использованных источников

1 Пак, Т. И. Методология реконструкции теоретических чертежей транспортных судов / Т. И. Пак, Д. Н. Александрова, А. Д. Бурменский // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, в 3 ч., Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч.1. – С. 429-431.

2 Соколова Т.Ю. AutoCAD 2011: учебный курс / Т.Ю. Соколова. – СПб: Питер, 2011. – 574 с.

3 Моделирование поверхности корпуса судна: методические указания к выполнению компьютерного практикума и индивидуальных заданий по курсу «Информационные технологии в жизненном цикле морской техники» / сост. А.Д. Бурменский. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГУ» (рук.) (в свободном доступе в электронно-образовательной среде вуза).

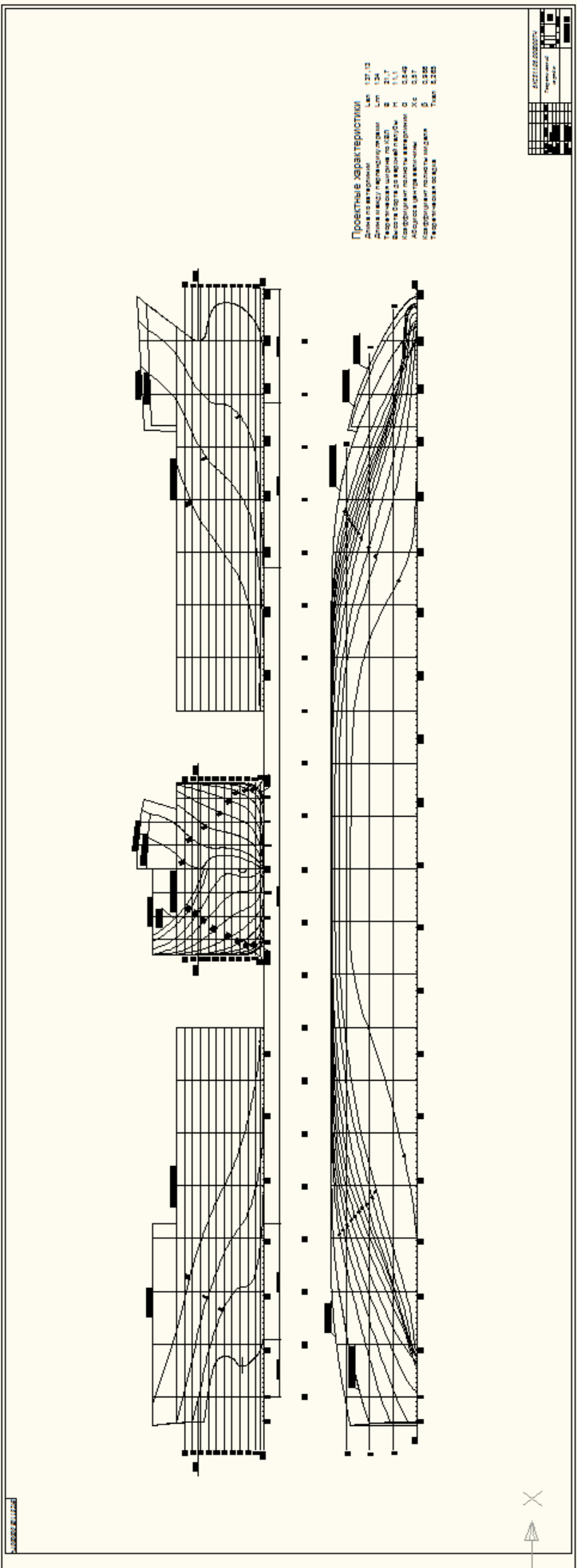
					<b>СКБ КИТ.2.ИП.000000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		39

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
(обязательное)

**Теоретический чертеж**

					<b>СКБ КИТ.2.ИП.ПА0000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		40





Проектные характеристики  
 Длина в свету 127.13 м  
 Длина в свету с парапетом 130.24 м  
 Высота от 0.00 в свету до 0.00 в свету 1.1 м  
 Высота от 0.00 в свету до 0.00 в свету 0.54 м  
 Абсолютная отметка верха 0.00 м  
 Тип конструкции 1.1.1.1

№ документа	010101.00.00000074
Дата	
Лист	41
Кол-во листов	41
Масштаб	
Исполнитель	
Проверенный	
Директор	

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

СКБ КИТ.2.ИП.ПА0000ПЗ

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
(обязательное)

**Сертификат участника конференции**

					<b>СКБ КИТ.2.ИП.ПБ0000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		42

УНИВЕРСИТЕТ-НА-АМУРЕ



КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА-АМУРЕ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



## СЕРТИФИКАТ

СВИДЕТЕЛЬСТВУЕТ О ТОМ, ЧТО

**ПАК  
ТАИСИЯ ИГОРЕВНА**

принял(-а) участие в VI Всероссийской национальной  
научной конференции молодых учёных

**«МОЛОДЁЖЬ И НАУКА: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»**

Секция

**Наземный транспорт, авиационная и морская техника**

Ректор ФГБОУ ВО «КНАГУ»

Э. А. Дмитриев



г. Комсомольск-на-Амуре

ТРАЕКТОРИЯ НОВОГО ИЗМЕРЕНИЯ

10-14 апреля 2023 г.

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

СКБ КИТ.2.ИП.ПБ0000ПЗ

Лист

43