


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



**СПКБ «Морские инженерные технологии»**

СОГЛАСОВАНО


Декан ФАМТ

 О.А. Краси́льникова  
(подпись)

«23» 05 2022 г.


УТВЕРЖДАЮ

Начальник отдела ОНиПКРС

 В.В. Солецкий  
(подпись)

«14» 06 2022 г.

Зав. кафедрой КС

 И.В. Каменских  
(подпись)

«23» 05 2022 г.

**ПРОЕКТ**

«Разработка 3D модели судовой поверхности многоцелевого сухо-  
грузного судна проекта JH488-100-04 в пакете FreeShip»

Руководитель СКБ МИТ

  
подпись, дата

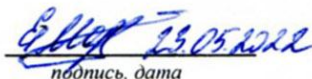
А.Д. Бурменский

Научный руководитель

  
подпись, дата

Н.С. Гуменюк

Ответственный исполнитель

  
подпись, дата

Е.Д. Морозов

## Карточка проекта

<b>Название</b>	Разработка 3D модели судовой поверхности многоцелового сухогрузного судна проекта JH488- 100-04в пакете FreeShip
<b>Тип проекта</b>	Инициативный
<b>Исполнители</b>	Е.Д. Морозов ответственный исполнитель
<b>Срок реализации</b>	11.2021 - 05.2022 месяц, год

## Использованные материалы и компоненты

[illegible]

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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



**СПКБ «Морские инженерные технологии»**

### **ЗАДАНИЕ на разработку**

Выдано студенту: Морозову Е.Д., гр. 8КСб-1

Название проекта: Разработка 3D модели судовой поверхности многоцелевого сухогрузного судна проекта JH488-100-04 в пакете FreeShip

Назначение: Исследование проектных характеристик современных транспортных судов

Область использования: В учебном процессе для направления подготовки 26.03.02 и 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника морской инфраструктуры» в качестве виртуального наглядного пособия и учебного задания, а также в научных исследованиях в области концептуального проектирования перспективных транспортных судов и систем

Функциональное описание: Сформированная 3D-модель судовой поверхности может быть использована для разработки ряда судовых поверхностей однотипных судов и анализа их функциональных качеств.

Техническое описание: Разработанная 3D-модель судовой поверхности соответствующая реальным обводам сухогрузного судна проекта JH488-100-04.

Требования: Предварительно, на основе чертежей общего расположения или других графических данных выполняется эскиз теоретического чертежа или его части в CAD-системе AutoCAD. Данный эскиз является основой для

построения 3D-модели судовой поверхности. На основе разработанной модели необходимо оформить теоретический чертеж судна и выполнить расчеты его гидростатических характеристик и функциональных качеств  
По результатам проекта должен быть подготовлен доклад на научную конференцию студентов и аспирантов.

План работ:

Наименование работ	Срок
Анализ и подбор конструкторской документации для моделирования	Ноябрь, 2021
Разработка эскиза теоретического чертежа	Декабрь, 2021
Разработка 3D модели судовой поверхности	Январь-Февраль, 2022
Проведение расчетов функциональных качеств судна на основе 3D модели корпуса	Март, 2022
Подготовка доклада на конференцию	Апрель, 2022
Оформление отчета, презентации, чертежей, защита проекта	Май, 2022

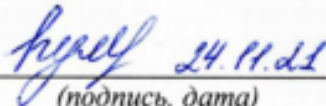
Комментарии:

Пояснительная записка к проекту выполняется по требованиям РД 013-2016 с изм. 4. Графический материал (чертеж, спецификация) оформляется по требованиям судостроительного черчения

Перечень графического материала:

- 3D-модели судовой поверхности
- Теоретический чертеж
- Чертеж гидростатических кривых
- презентация проекта

Руководитель проекта

 24.11.21 Н.С. Гуменюк  
 (подпись, дата)

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




**СПКБ «Морские инженерные технологии»**

### **ПАСПОРТ ПРОЕКТА**


«Разработка 3D модели судовой поверхности многоцелевого сухо-  
грузного судна проекта JH488-100-04 в пакете FreeShip»

Научный руководитель

 23.05.22  
подпись, дата

Н.С. Гуменюк

Ответственный исполнитель

 23.05.2022  
подпись, дата

Е.Д. Морозов

## Содержание

Введение.....	7
1 Разработка эскиза теоретического чертежа.....	9
1.1 Проектные характеристики судна .....	9
1.2 Исходные данные для разработки теоретического чертежа.....	9
1.3 Порядок разработки эскиза теоретического чертежа.....	10
2 Разработка 3D модели судовой поверхности в САПР FreeShip .....	12
3 Выполнение расчетов функциональных характеристик в FreeShip .....	17
3.1 Расчеты гидростатических характеристик .....	17
3.2 Расчеты остойчивости .....	18
3.3 Расчеты ходкости .....	19
Заключение .....	21
Список использованных источников .....	22
Приложение А Теоретический чертеж.. .....	23
Приложение Б Чертеж гидростатических кривых.....	25

## 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 CAD-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 модели судовой поверхности многоцелевого сухогруза проекта JH488-100-04. На основе разработанной модели корпуса выполнить расчеты функциональных качеств судна: расчет гидростатических характеристик, ходкости и остойчивости.

					СПКБ МИТ 2021 09	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Разработать и оформить теоретический чертеж и чертеж гидростатических кривых.

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

					СПКБ МИТ 2022 09	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## 1 Разработка эскиза теоретического чертежа

### 1.1 Проектные характеристики контейнеровоза

Тип судна – многоцелевой сухогруз. Проектные характеристики моделируемого судна приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Проектные характеристики

Наименование	Значение
Длина наибольшая, м	118
Длина между перпендикулярами, м	111,8
Ширина наибольшая, м	19,7
Высота борта, м	9,1
Осадка конструктивная, м	6,4
Дедвейт для конструктивной осадки, т	7250
Контейнеровместимость трюмов, TEU	190
Контейнеровместимость на палубе, TEU	423
Количество рефконтейнеров на палубе, R TEU	40
Скорость судна, уз.	13,5
Дальность плавания, мили	5000
Численность экипажа, чел.	19

### 1.2 Исходные данные на разработку теоретического чертежа

Основой информации для разработки теоретического чертежа послужили чертежи общего расположения, грузового плана и расположения балластных цистерн.

Графическая информация к многоцелевому сухогрузу представлена на рисунке 1.1.

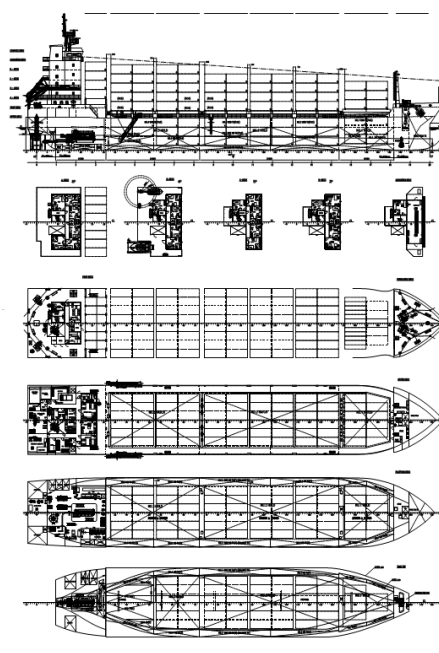


Рисунок 1.1 - Графическая информация к многоцелевому сухогрузу:  
общее расположение

### 1.3 Порядок разработки эскиза теоретического чертежа

В системе AutoCAD, на основе исходной графической информации, в выбранном масштабе обрисованы базовые линии (диаметральный батокс, ватерлинии, верхняя палуба и балубы бака и юта, мидель-шпангоут), а также дополнительные (второе дно, платформы, практические шпангоуты). Пример выполненной работы на данном этапе представлен на рисунках 1.2-1.4.

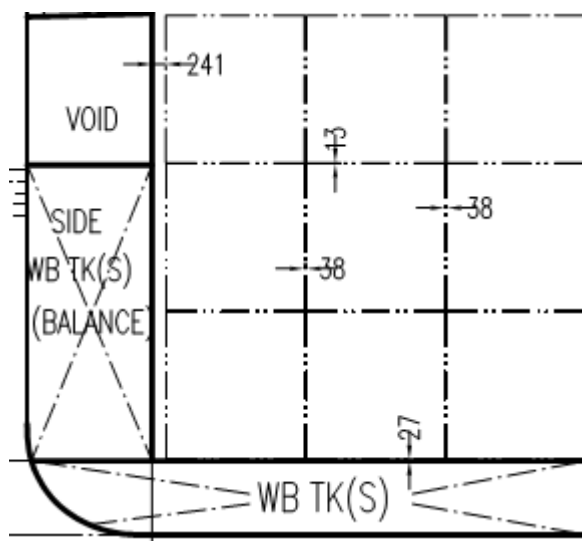


Рисунок 1.2 – Оцифровка линий сечений проекции «Корпус»

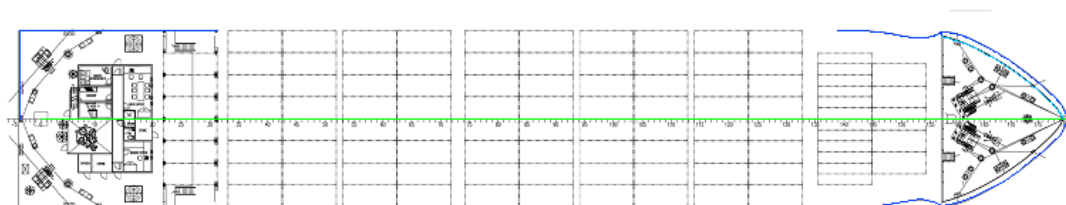


Рисунок 1.3 – Оцифровка линий сечений проекции «Полуширота»

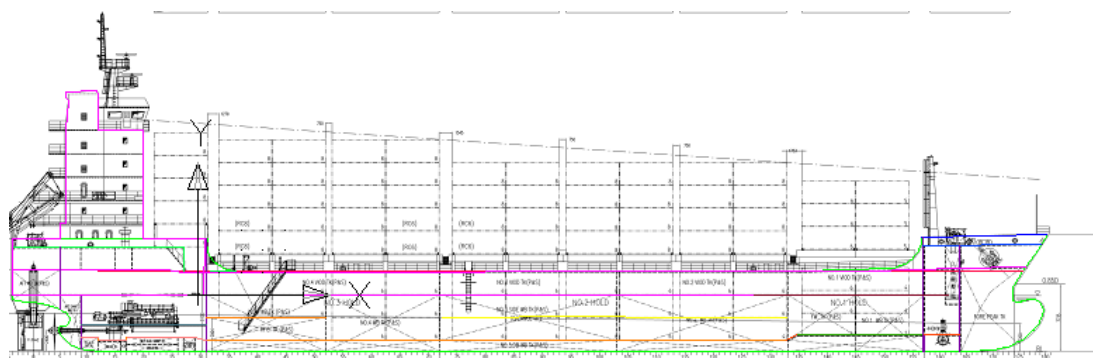


Рисунок 1.4 – Оцифровка линий сечений проекции «Бок»

Далее полученные линии распределяются по видам теоретического чертежа

Далее линии согласуются с проекциями «Бок» и «Полуширота» Полученный эскиз теоретического чертежа с максимальной степенью его согласовки представлен на рисунке 1.5.

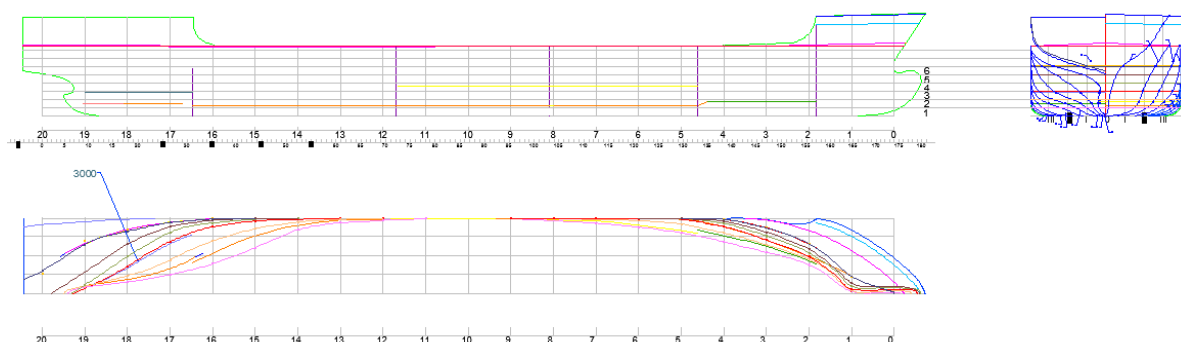


Рисунок 1.5 – Эскиз теоретического чертежа

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СПКБ МИТ 2022 09

Лист

11

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

После создания базовой модели с заданными размерениями, подобраны подложки по видам «Бок», «Полуширота» и «Корпус». На следующем этапе обведены очертания вставленных проекций в соответствии с линиями подложки, настроены пересечения, плавность линий регулируется, наблюдением изменения поверхности в теневой, зебровой закраске и искривлению по Гауссу. При этом, использовалось добавление контрольной сетки по рыбакам, что дало возможность использования меньшего количества точек при построении поверхности. Результат представлен на рисунке 2.1.

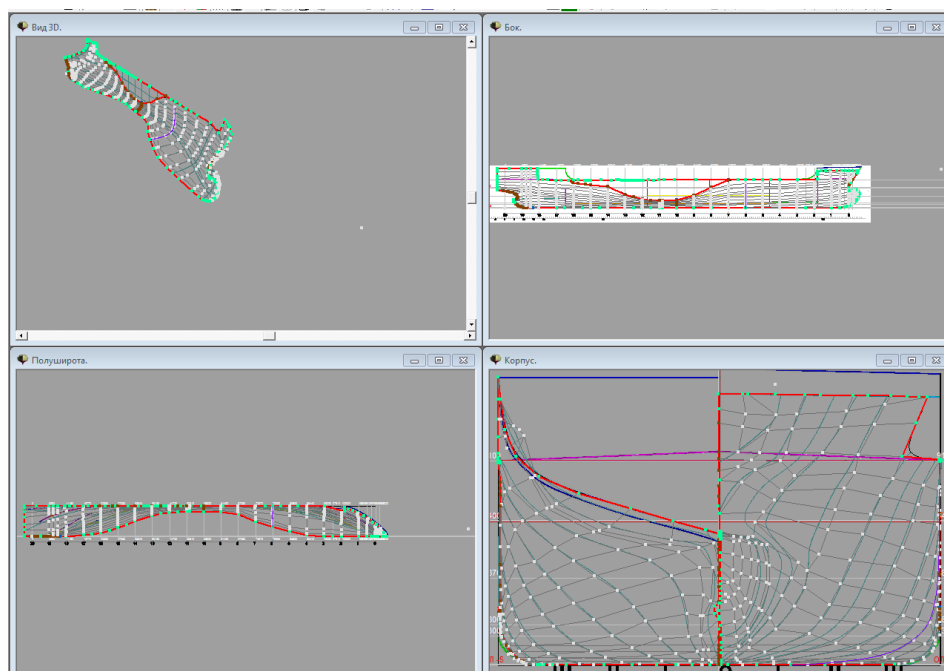


Рисунок 2.1 – Построение линий контрольной сетки

Корпус судна разделяется сломом в районе шпангоута наибольшего сечения, таким образом, появляется возможность построения поверхности носовой и кормовой оконечности независимо друг от друга (рисунок 2.2).

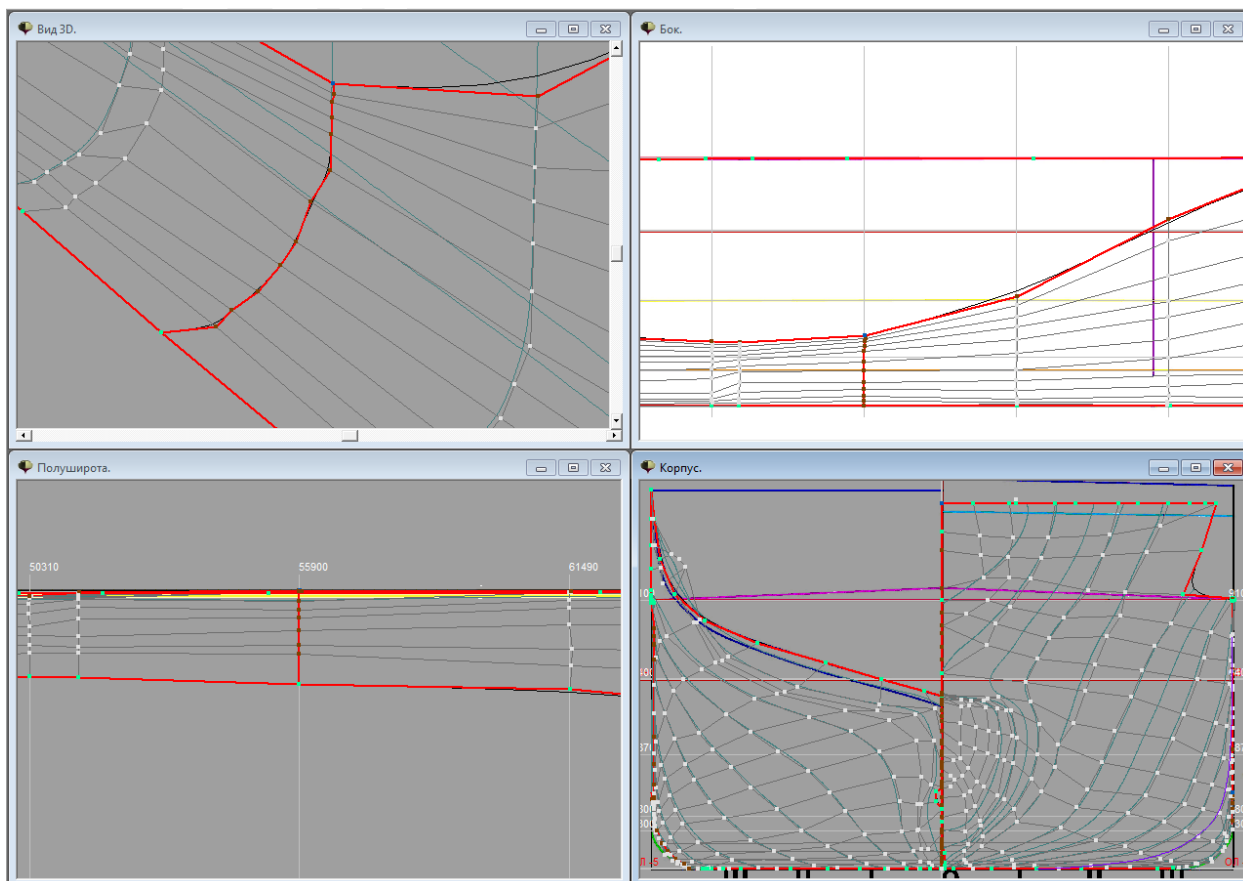


Рисунок 2.2 – Линия слома на шпангоуте наибольшего сечения

Линией слома очерчена линия плоского борта и нулевой ватерлинии (рисунок 2.3).

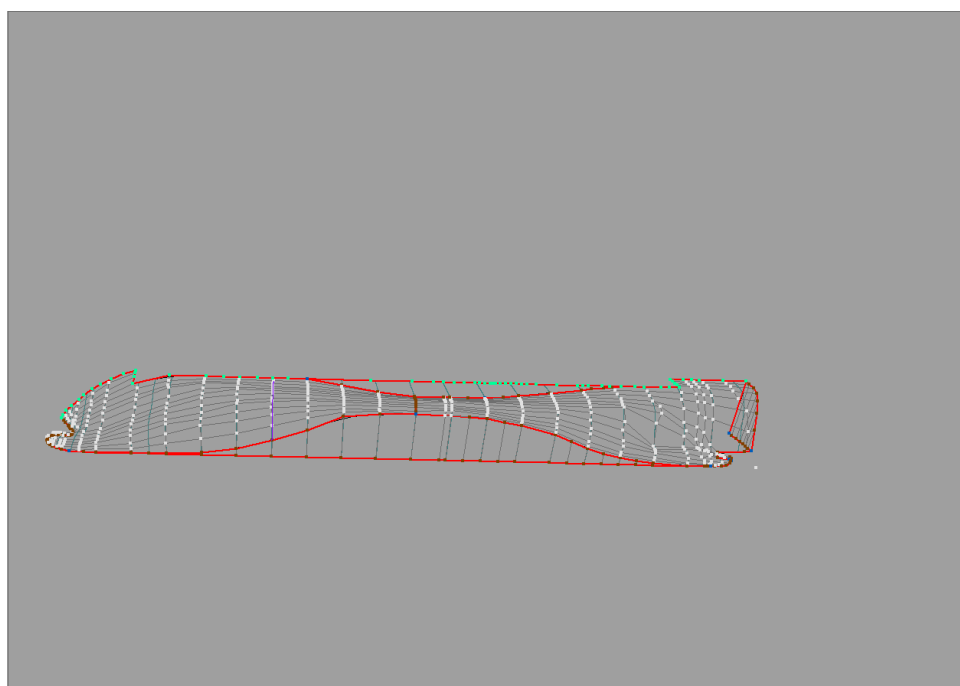


Рисунок 2.3 – Линия плоского борта и нулевой ватерлинии

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СПКБ МИТ 2022 09

Лист

13

После построения корпуса до ВП, создаётся поверхность бака, юта и комингса (рисунок 2.5).

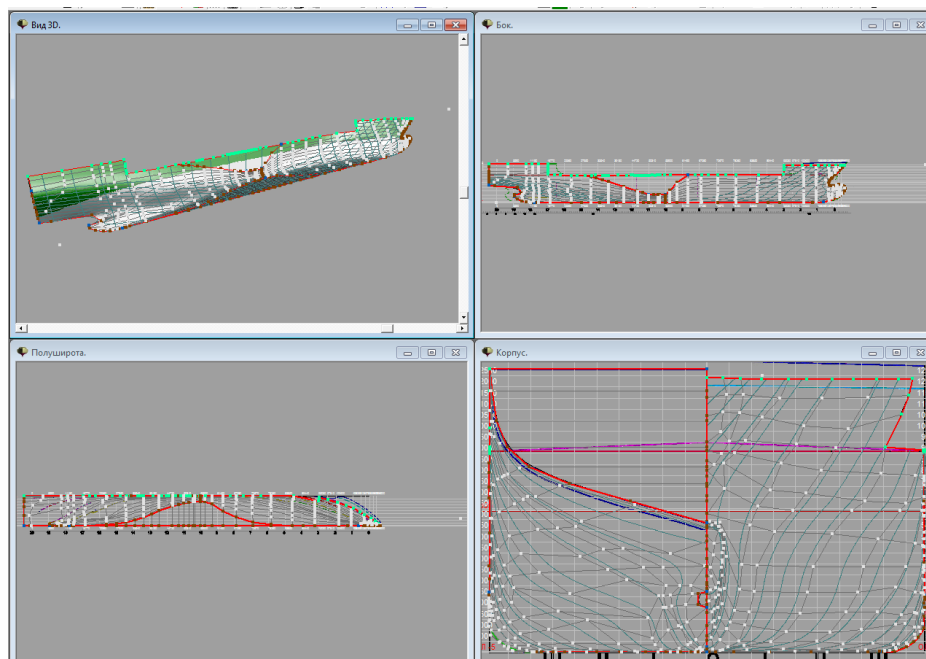


Рисунок 2.5 – Создание поверхности бака, юта и комингса

Все открытые поверхности должны быть заделаны (рисунок 2.6).

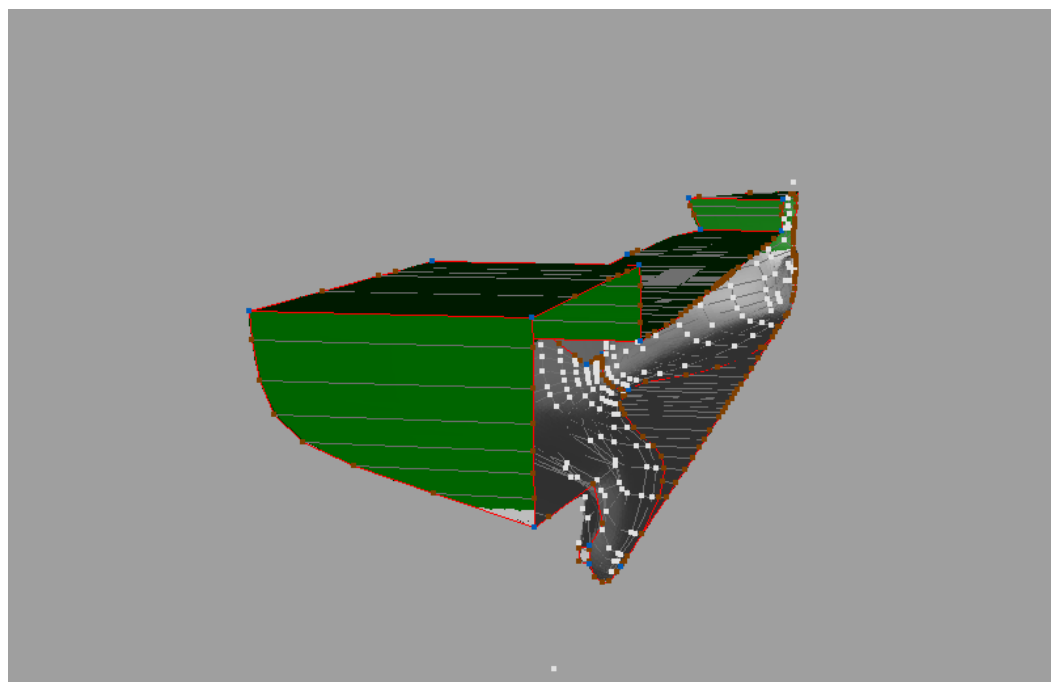


Рисунок 2.6 – Создание поверхности бака, юта и комингса

					СПКБ МИТ 2022 09	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Также модель должна проверяться на точки утечки (рисунок 2.7).

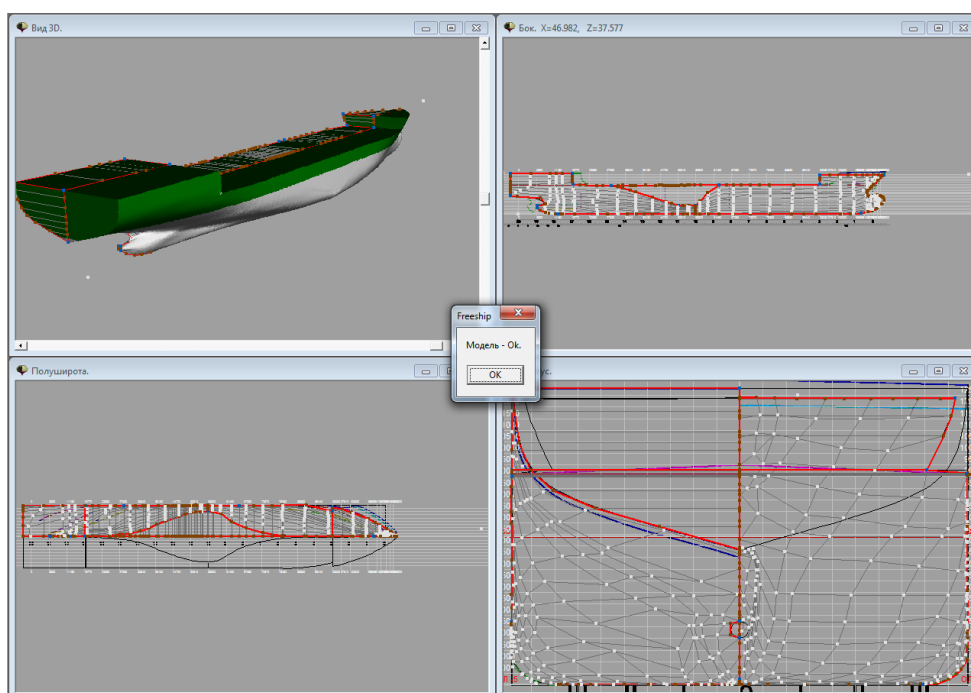


Рисунок 2.7 – Проверка корпуса на точки утечки

Результаты построения трёхмерной модели приведены на рисунках

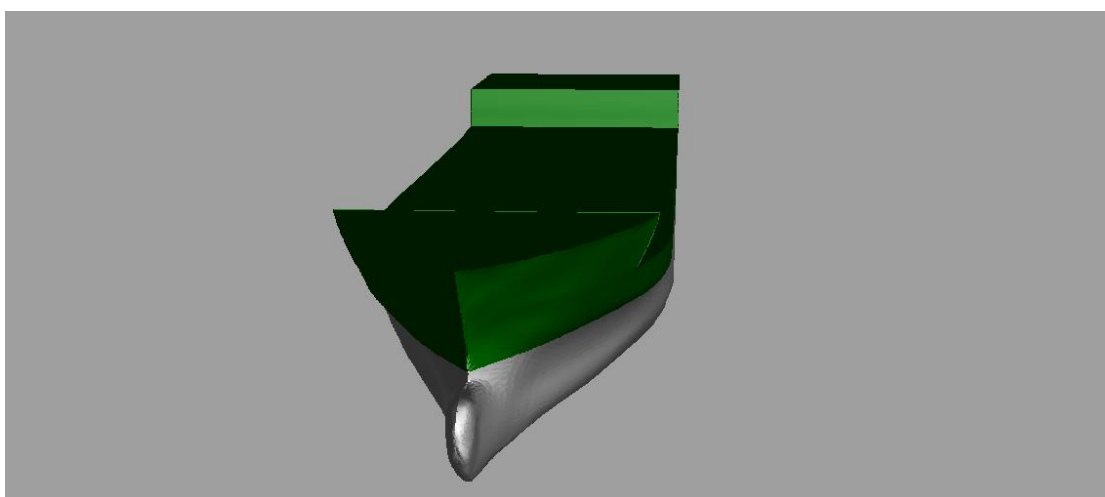


Рисунок 2.8 – Трёхмерная модель 1

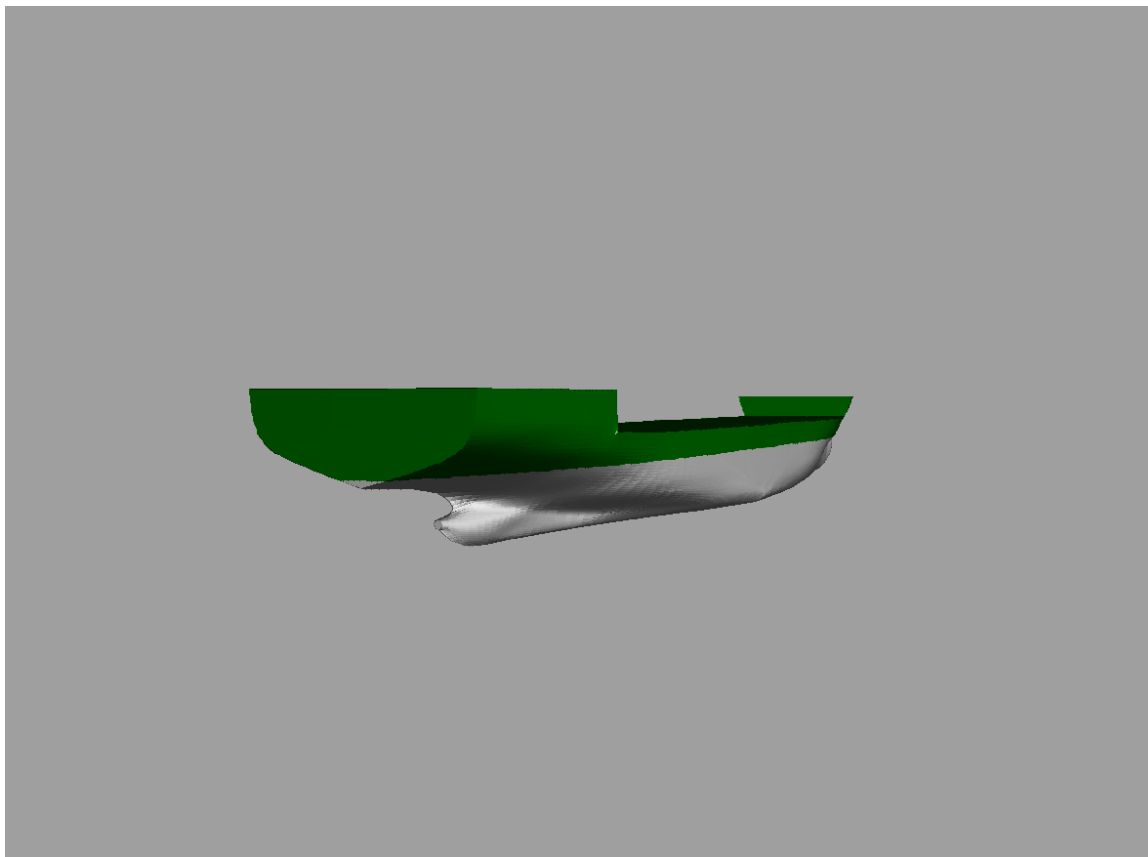


Рисунок 2.9 – Трёхмерная модель 2

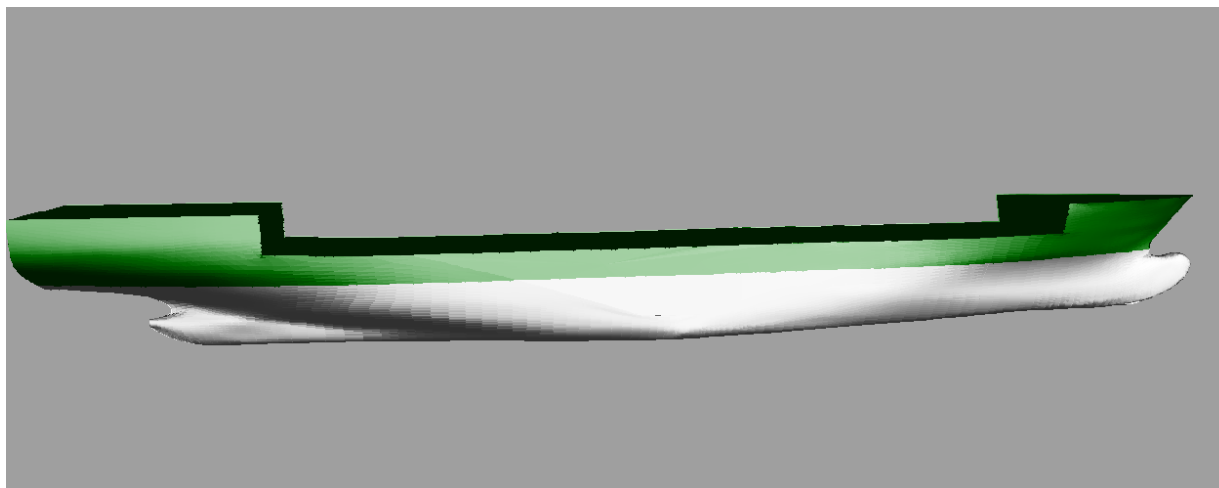


Рисунок 2.10 – Трёхмерная модель судна



### 3 Выполнение расчётов функциональных характеристик судна в FreeShip

Пакет FreeShip даёт возможность проведения расчётов гидростатики, остойчивости и ходкости. Здесь необходимо сверить вычисленные характеристики со спецификационными.

#### 3.1 Расчеты гидростатических характеристик

Результаты расчётов представлены на рисунках 3.1-3.2.

Проект	:					
Проектант	:					
имя файла	:	РАБОТА 010422.fbm				
длина между перпенд.	:	106.60 м				
длина максимальная	:	117.80 м				
ширина на миделе	:	14.860 м				
ширина максимальная	:	19.801 м				
Проектная осадка	:	7.435 м				
Абсцисса миделя	:	52.230 м				
плотность воды	:	1.025 т/м³				
дополн. коэффициент	:	1.0000				
Характеристики объема:						
объемное водоизмещение	:	8847.1 м³				
водоизмещение	:	9068.3 тонн				
Полная длина погруженного тела	:	117.796 м				
Полная ширина погруженного тела	:	19.732 м				
коэффициент общей полноты	:	0.5119				
призматический коэффициент	:	0.5185				
коэффициент вертикальной полноты	:	0.6843				
смоченная площадь поверхности	:	2748.8 м²				
абсцисса ц.в.	:	54.610 м				
абсцисса ц.в.	:	1.999 %				
Ордината ц.в.	:	0.000 м				
Аппликата ц.в.	:	4.247 м				
Характеристики мидельшпангоута:						
Площадь миделя	:	144.85 м²				
Коэффициент полноты миделя	:	0.9873				
Характеристики ватерлинии:						
длина по ватерлинии	:	109.80 м				
ширина по ватерлинии	:	19.709 м				
площадь ватерлинии	:	1738.9 м²				
коэффициент полноты ВЛ	:	0.7481				
Абсцисса ц.т. площади ватерлинии	:	48.323 м				
Ордината ц.т. площади ватерлинии	:	0.000 м				
Половина угла носового заострения	:	22.895 град				
поперечный момент инерции	:	45055 м⁴				
продольный момент инерции	:	1296429 м⁴				
Начальная остойчивость:						
Аппликата поперечного метacentra	:	9.340 м				
Поперечный метacentрический радиус	:	5.093 м				
Аппликата продольного метacentra	:	150.78 м				
Продольный метacentрический радиус	:	146.54 м				
Характеристики дп:						
площадь погруженной части дп	:	768.90 м²				
Абсцисса центра тяжести площади дп	:	59.080 м				
Аппликата центра тяжести площади дп	:	3.831 м				
Характеристики надводной части корпуса:						
Проекция на дп площади парусности	:	298.54 м²				
Аппликата ц.т. площади парусности	:	8.981 м				
Абсцисса ц.т. площади парусности	:	51.642 м				
Возвышение ц.т. площади парусности над квл	:	1.551 м				
расстояние от нп до ц.т. площади парусности	:	54.953 м				
минимальный надводный борт	:	1.839 м				
минимальный надводный борт	:	1.561 %Lmax				
Характеристики плавучести и остойчивости:						
Проверочный коэффициент остойчивости	:	74.613 if >= 0,8 then ok				
Свойства слоя были рассчитаны для обоих бортов судна:						
Слой	Площадь м²	Толщина мм	Масса тонн	COG X м	COG Y м	COG Z м
слой 0	5862.3	0.000	0.000	51.559	0.000	6.859
Внимание: Масса судна и водоизмещение отличаются более чем на 10% !						

Рисунок 3.1 – Результаты расчёта гидростатики 1

площади шпангоутов (СПШ):

Положение м	Площадь м <sup>2</sup>
-2.485	10.626
5.590	16.458
11.180	26.566
16.770	45.943
22.360	64.685
27.950	83.483
33.540	103.766
39.130	121.453
44.720	134.952
50.310	142.926
55.900	143.984
61.490	139.480
67.080	130.625
72.670	115.582
78.260	96.659
83.850	76.306
89.440	56.491
95.030	38.244
97.810	30.179
100.620	22.382
106.199	8.421
106.210	8.400
108.976	5.290
110.330	4.882
111.800	4.530
113.000	3.673
115.312	0.000

характеристики бульба:

Средняя осадка	:	7.440 м
Абсцисса носового перпендикуляра	:	106.60 м
Площадь бульба на носовом перпендикул.	:	7.619 м <sup>2</sup>
Апplikата ц.т. площади бульба	:	3.706 м
Коэффициент бульбообразности	:	0.053

примечание 1: Осадка (и все другие верт. высоты) измерены от линии Z=0

примечание 2: Все рассчитанные коэффициенты основаны на действит. размерах погруженного тела.

примечание 3: Хар-ки бульба определяются правильно, если носовой перпендикуляр проходит через точку пересечения линии форштевня с конструктивной ватерлинией.

## Рисунок 3.2 – Результаты расчёта гидростатики 2

Расчитанные характеристики соответствуют спецификационным с минимальной погрешностью.

### 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.

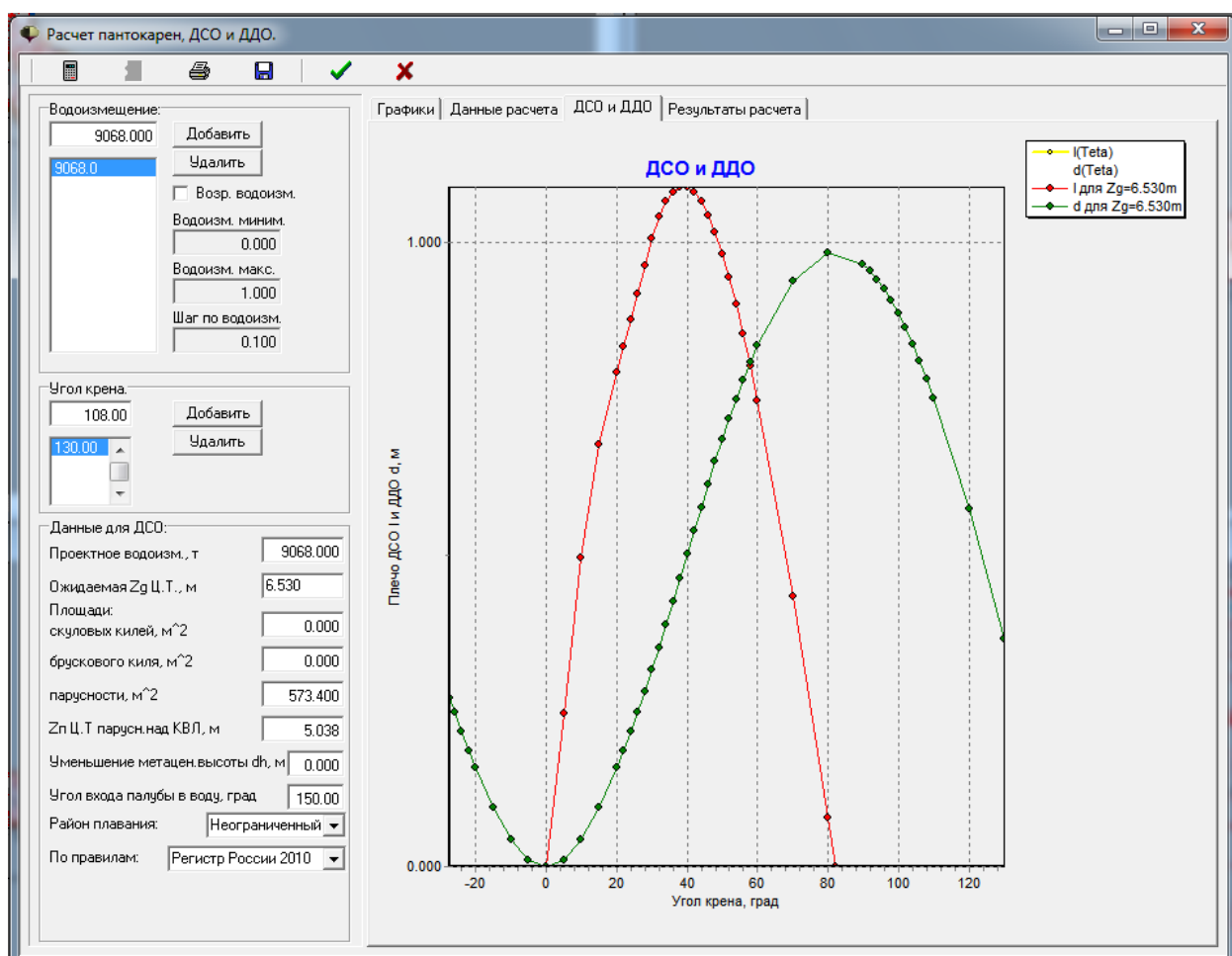


Рисунок 3.3 – Результаты расчёта остойчивости при подобранной  $z_g$

Параметры остойчивости 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.

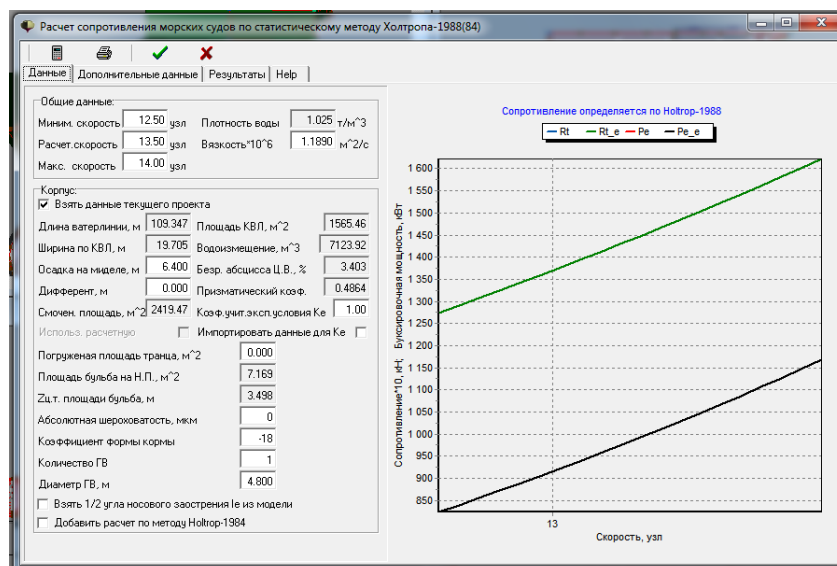


Рисунок 3.4 – Окно ввода данных при расчёте ходкости в программе FreeShip

Результаты расчёта ходкости по методу Холтропа приведены в таблице 3.5.

Результаты расчета буксировочной мощности и сопротивления по методу Холтропа-1988 (84)

Vs	Vms	Fr	R <sub>f</sub>	R <sub>r</sub>	R <sub>T</sub>	Pe	R <sub>T_e</sub>	Pe_e
узл	м/с	-	кН	кН	кН	кВт	кН	кВт
12.50	6.43	0.196	93.1	32.7	125.8	808.8	125.8	808.8
12.64	6.50	0.199	95.1	33.8	128.9	838.2	128.9	838.2
12.79	6.58	0.201	97.1	35.0	132.1	868.6	132.1	868.6
12.93	6.65	0.203	99.1	36.2	135.3	900.0	135.3	900.0
13.07	6.72	0.205	101.2	37.5	138.6	932.3	138.6	932.3
13.21	6.80	0.208	103.3	38.8	142.0	965.5	142.0	965.5
13.36	6.87	0.210	105.4	40.1	145.5	999.9	145.5	999.9
13.50	6.95	0.212	107.5	41.6	149.1	1035.3	149.1	1035.3
13.75	7.07	0.216	111.2	44.3	155.5	1099.9	155.5	1099.9
14.00	7.20	0.220	115.1	47.1	162.2	1168.2	162.2	1168.2

Tb = 178.543 кН  
 Kdt = 2.037  
 Dp = 4.800 м  
 Z = 3  
 Ae/Ao = 0.225 – расчетное  
 Ae/Ao = 0.350 – для выбора винтовой диаграммы  
 P/Dp = 1.068 – по кривой оптимальных частот вращения винта  
 Ke = 1.000  
 ie = 10.812 град  
 Wt = 0.1937  
 t = 0.1651  
 EtaR = 1.0019  
 EtaH = 1.0355  
 EtaH\*EtaR = 1.0375

Примечание: Коэффициенты Wt, t и EtaR вычислены по формулам метода Holtrop-1988

Copyright (c) 2007-2010, Timoshenko V.F.

Рисунок 3.5 – Результаты расчёта ходкости

Таким образом, мощность предусмотренного на контейнеровозе главного двигателя превышает рассчитанную, что позволяет развивать скорость в 13,5 узлов при эксплуатационной мощности.

## Заключение

В результате выполнения проекта была разработана 3D модель корпуса многоцелевого сухогруза проекта JH488-100-04.

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

В соответствии с заданием были разработаны следующие чертежи:

- теоретический чертеж (Приложение А);
- чертеж гидростатических характеристик (Приложение Б).

По результатам выполнения проекта был выполнен доклад на V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных «МОЛОДЁЖЬ И НАУКА: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ» на тему «Особенности разработки 3D - модели судовой поверхности многоцелевого сухогруза прототипа JH488-100-04

Разработанная 3D модель корпуса многоцелевого сухогруза была использована для анализа проектных характеристик судна прототипа JH488-100-04 в рамках выполнении ВКР бакалавра.

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.

					СПКБ МИТ 2022 09	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

## 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 Container Ship Register: справочно-информационный портал по поиску технической информации контейнеровозов мира. – URL: <http://www.containershipregister.nl/schepen.php> (дата обращения 12.04.2021).

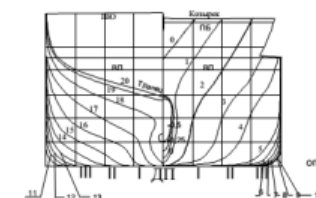
3 Соколова Т.Ю. AutoCAD 2011: учебный курс / Т.Ю. Соколова. – СПб: Питер, 2011. – 574 с.

4 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).

					СПКБ МИТ 2022 09	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
(обязательное)

**Теоретический чертеж**



Оценочные характеристики теста

Длина наибольш.	118
Длина между парнейкурсами	111,8
Ширина	10,70
Высота борты	9,10
Осадка по КВ/УЗЛ	6,40
Коэффициентальности	0154/0238/0278
Главный двигатель, характеристика	4000 кВт, 750 rpm
Численность экипажа	19 чел
Скорость	13,5 узло

DIVV + 1A1, General Cargo Vessel, HCG, Containers, ICE-A, BIS, BWIM, NAUT-AW, DGP, ECO, TMON

					БКС61.2.03000000C6
					Технический проект универсальной платформы систем ГИСИТУ
					Кафедра



**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
(обязательное)

**Чертеж гидростатических кривых**

				8КС6.1.1.03.000000ТЧ			
				Чертеж гидростатических у			
				кривых			
				Лист _____ Масса _____			
				Лист _____ Листов _____			
				Кафедра КС			
				Копировать _____			
				Формат А1			