

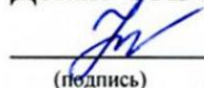
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



**СПКБ «Морские инженерные технологии»**

СОГЛАСОВАНО


Декан ФАМТ

  
(подпись) О.А. Красильникова

«23» 05 2022 г.

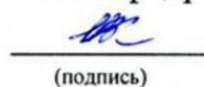
УТВЕРЖДАЮ

Начальник отдела ОНиПКРС

  
(подпись) В.В. Солецкий

«14» 06 2022 г.

Зав. кафедрой КС

  
(подпись) И.В. Каменских

«23» 05 2022 г.

**ПРОЕКТ**


«Разработка 3D модели судовой поверхности контейнеровоза  
«Hoheweg» в пакете FreeShip»

Руководитель СКБ МИТ

  
подпись, дата

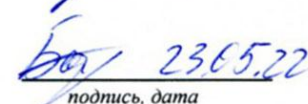
А.Д. Бурменский

Научный руководитель

  
подпись, дата

А.Д. Бурменский

Ответственный исполнитель

  
подпись, дата

И.М. Боярчук



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: Боярчуку И.М., гр. 8КСб-1

Название проекта: Разработка 3D модели судовой поверхности контейнеровоза «Hoheweg» 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 контейнеровоза «Hoheweg».

Требования: Предварительно, на основе чертежей общего расположения или других графических данных выполняется эскиз теоретического чертежа или его части в САD-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
<i>Анализ и подбор конструкторской документации для моделирования</i>	<i>Ноябрь, 2021</i>
<i>Разработка эскиза теоретического чертежа</i>	<i>Декабрь, 2021</i>
<i>Разработка 3D модели судовой поверхности</i>	<i>Январь-Февраль, 2022</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, презентации, чертежей, защита проекта</i>	<i>Май, 2022</i>

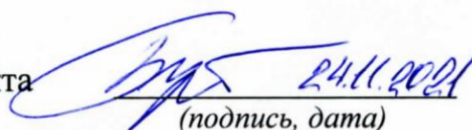
Комментарии:

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



(подпись, дата)

А.Д. Бурменский

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 контейнеровоза  
«Hoheweg» в пакете FreeShip»

Научный руководитель

  
подпись, дата

А.Д. Бурменский

Ответственный исполнитель

  
подпись, дата

И.М. Боярчук

## Содержание

Введение.....	3
1 Разработка эскиза теоретического чертежа.....	5
1.1 Проектные характеристики судна .....	5
1.2 Исходные данные для разработки теоретического чертежа.....	6
1.3 Порядок разработки эскиза теоретического чертежа.....	7
2 Разработка 3D модели судовой поверхности в САПР FreeShip .....	10
3 Выполнение расчетов функциональных характеристик в FreeShip .....	16
3.1 Расчеты гидростатических характеристик .....	16
3.2 Расчеты остойчивости .....	17
3.3 Расчеты ходкости .....	18
Заключение .....	20
Список использованных источников .....	21
ПРИЛОЖЕНИЕ А: Теоретический чертеж .....	22
ПРИЛОЖЕНИЕ Б: Чертеж гидростатических кривых .....	24

										Лист
эм.	Лист	кум.	Подпись	та-	СПКБ МИТ 2021 06					

## 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 модели судовой поверхности контейнеровоза «Нoheweg». На основе разработанной модели корпуса выполнить расчеты функциональных качеств судна: расчет гидростатических характеристик, ходкости и остойчивости. Разработать и оформить теоретический чертеж и чертеж гидростатических кривых.

					СПКБ МИТ 2021 06	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

					<i>СПКБ МИТ 2021 06</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4









Далее полученные линии распределяются по видам теоретического чертежа. Отсутствие сечений бульба приводит к необходимости его построения на основе судна-прототипа. Из-за схожести формы был выбран контейнеровоз «CV Neptun 1500» отмасштабирован его теоретический чертёж. Оцифровываются необходимые сечения (рисунок 1.6).

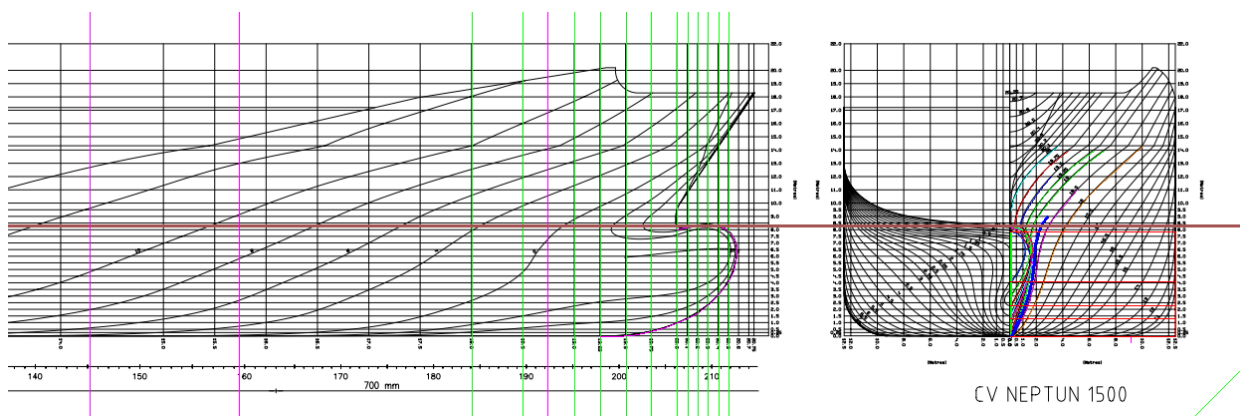


Рисунок 1.6 – Носовая оконечность судна-прототипа

Полученные линии масштабируются по длине и высоте под размеры бульба контейнеровоза «Норвег». Результат представлен на рисунке 1.7.

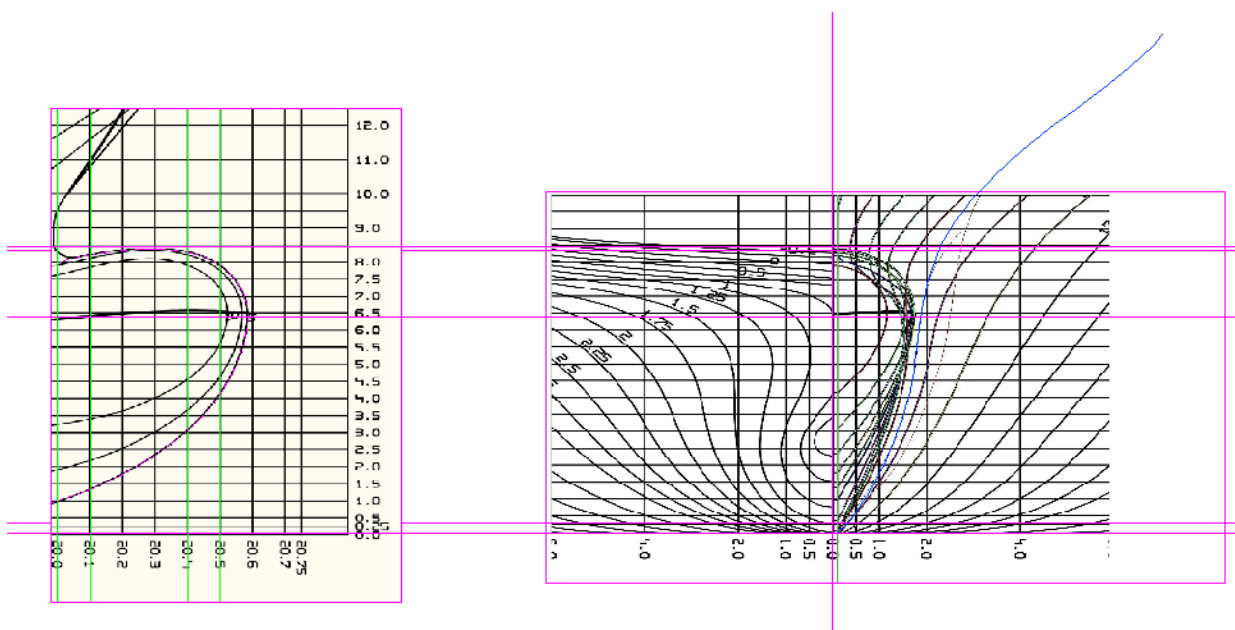


Рисунок 1.7 – Масштабирование бульба судна-прототипа

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Далее линии согласуются с проекциями «Бок» и «Полуширота» контейнера «Ноневег». Полученный эскиз теоретического чертежа с максимальной степенью его согласовки представлен на рисунке 1.8.

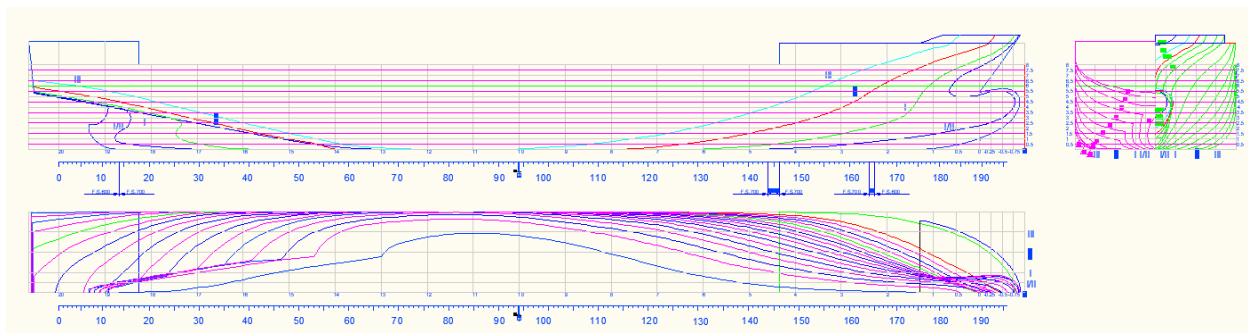


Рисунок 1.8 – Эскиз теоретического чертежа

					СПКБ МИТ 2021 06	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9



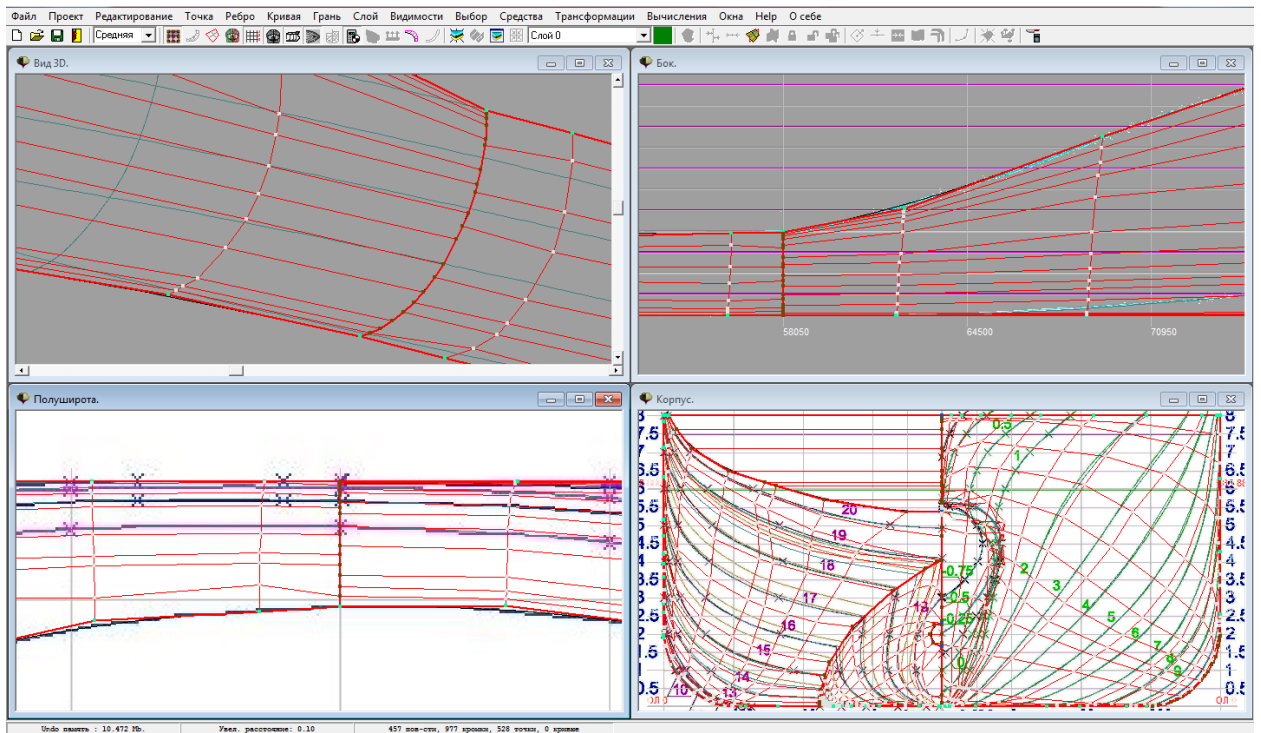


Рисунок 2.2 – Линия слома на шпангоуте наибольшего сечения

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

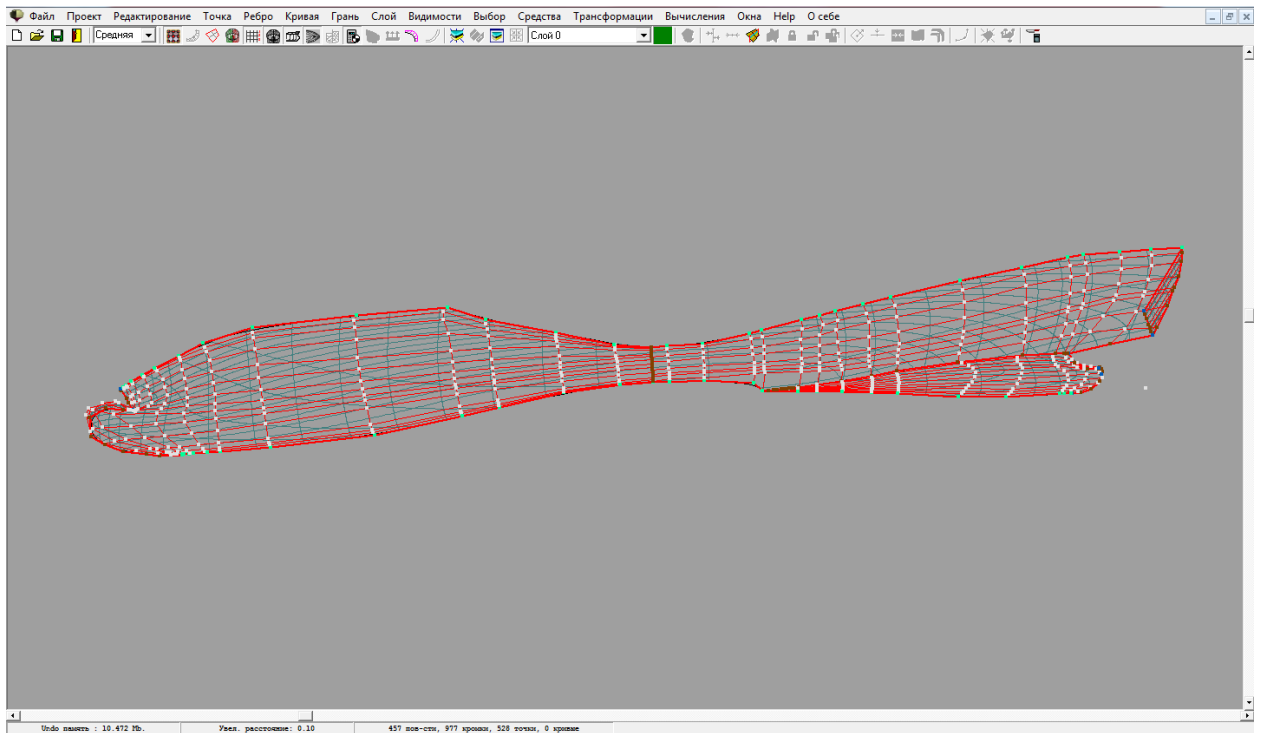


Рисунок 2.3 – Линия плоского борта и нулевой ватерлинии

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Притыкание скега с корпусом судна осуществляется с помощью линии слома (рисунок 2.4).

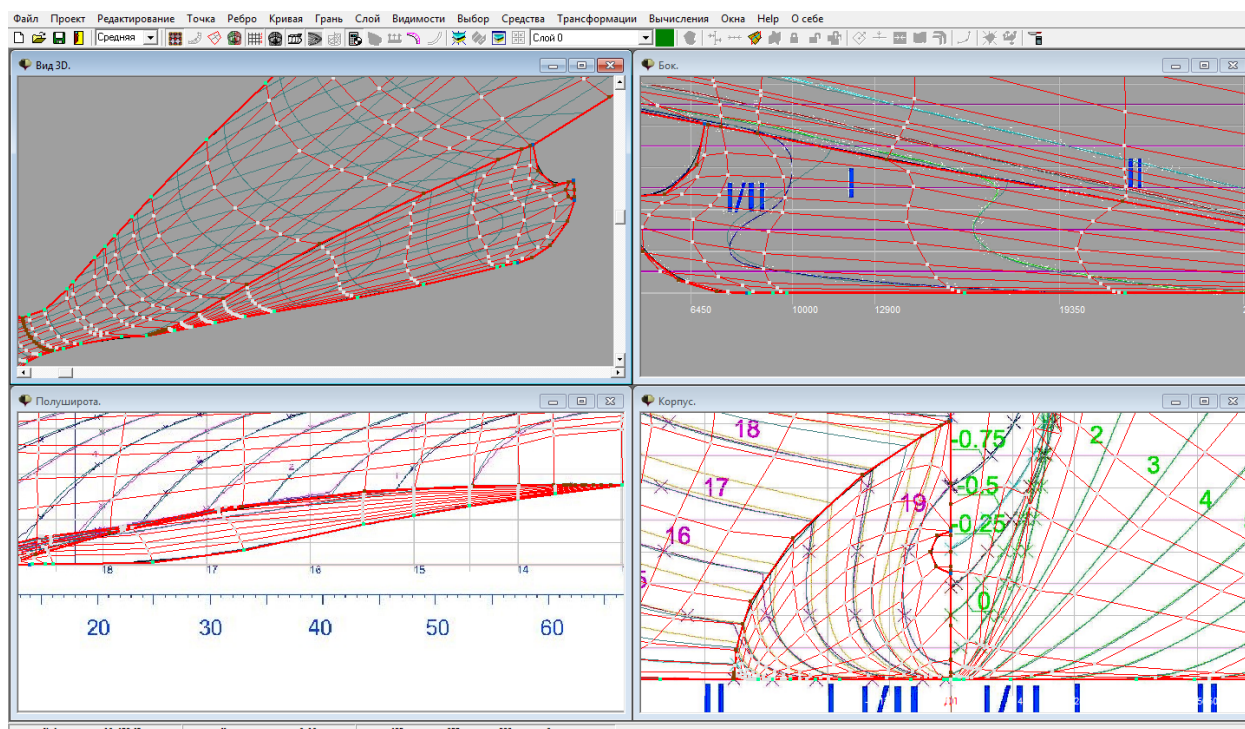


Рисунок 2.4 – Линия притыкания скега с корпусом

Так как при восстановлении теоретического чертежа была допущена ошибка в районе пересечения скега с корпусом, воссоздавались несколько вариантов чертежа, пока не был найден верный (рисунок 2.5).

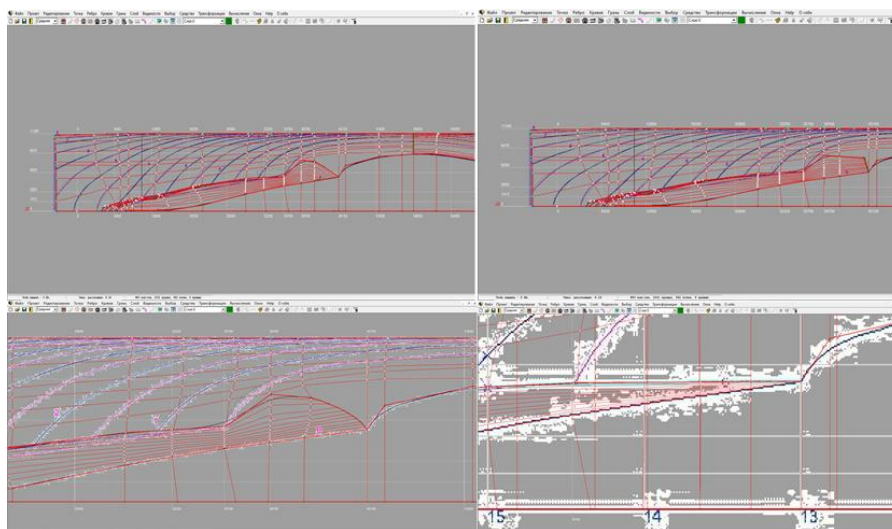


Рисунок 2.5 – Варианты линии притыкания скега с корпусом



После построения корпуса до ВП, создаётся поверхность бака, юта и комингса (рисунок 2.6).

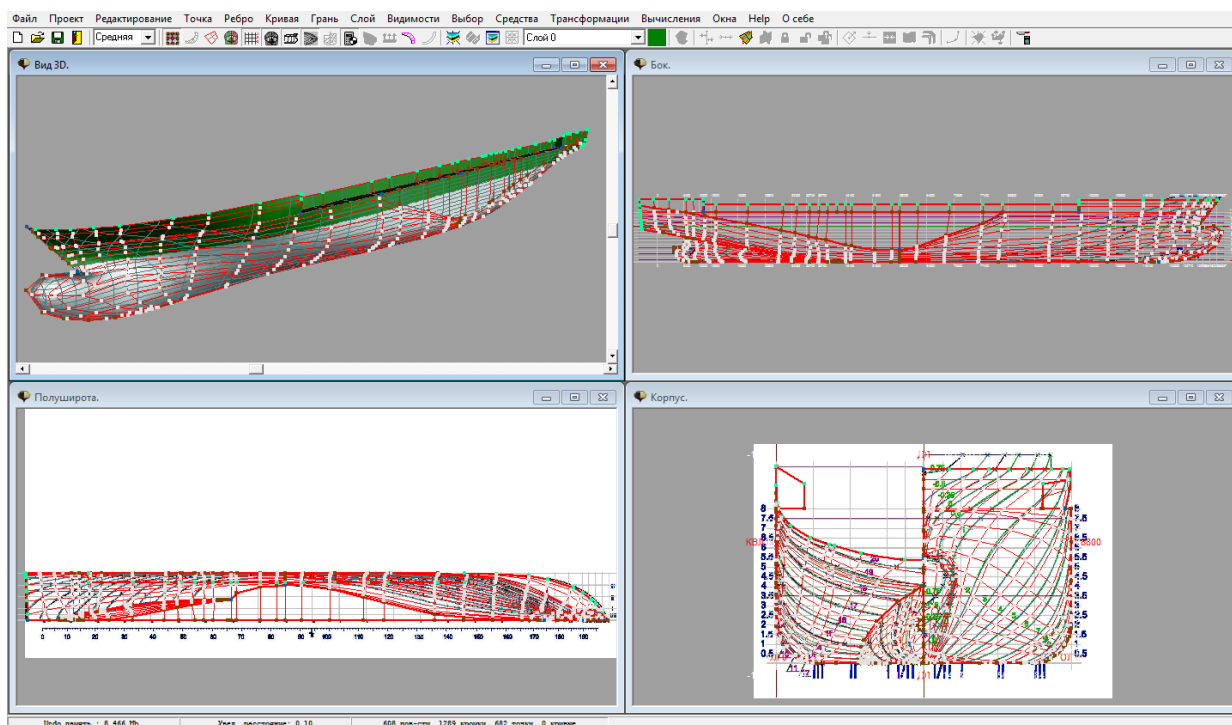


Рисунок 2.6 – Создание поверхности бака, юта и комингса

Все открытые поверхности должны быть заделаны (рисунок 2.7).

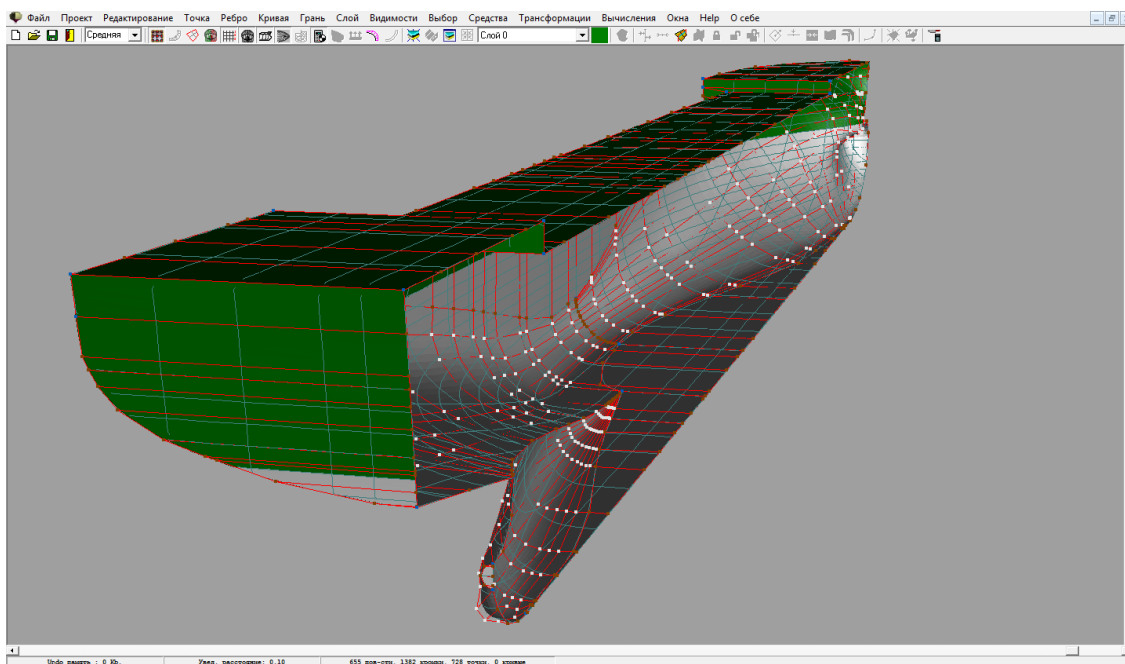


Рисунок 2.7 – Создание поверхности бака, юта и комингса



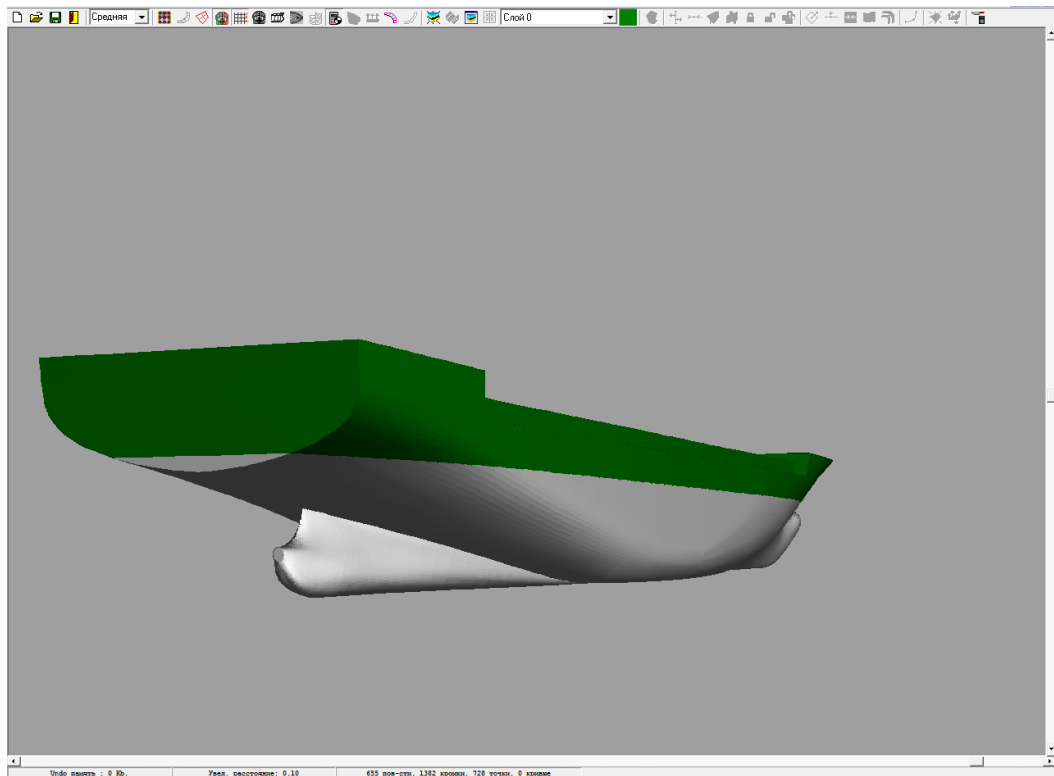


Рисунок 2.10 – Трёхмерная модель 2

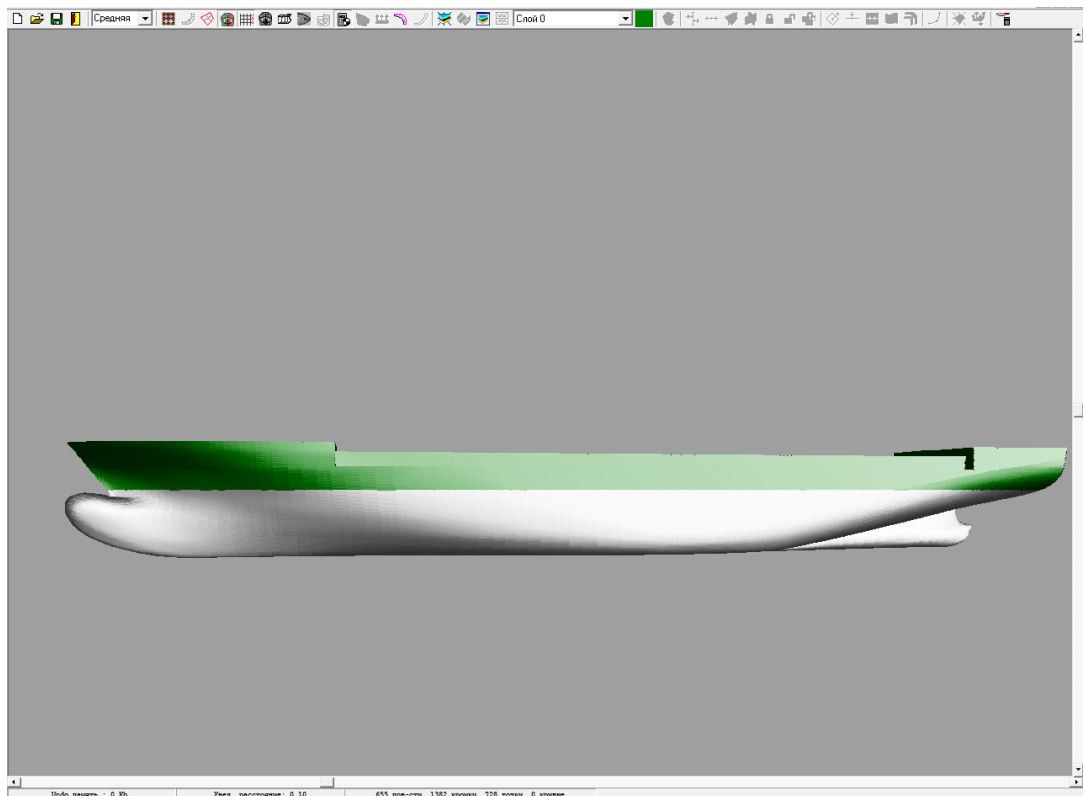


Рисунок 2.11 – Трёхмерная модель 3

### 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 : конт_220318_4_надстройки и комингс.fbm

длина между перпенд. : 129.00 м
длина максимальная : 138.98 м
ширина на миделе : 22.600 м
ширина максимальная : 22.600 м
проектная осадка : 8.800 м
абсцисса миделя : 58.000 м
плотность воды : 1.025 т/м³
дополн. коэффициент : 1.0000
Характеристики объема:
Объемное водоизмещение : 17042 м³
Водоизмещение : 17468 тонн
Полная длина погруженного тела : 138.279 м
Полная ширина погруженного тела : 22.600 м
Кэффициент общей полноты : 0.6197
Призматический коэффициент : 0.6323
Кэффициент вертикальной полноты : 0.7540
Смоленная площадь поверхности : 4167.2 м²
Абсцисса ц.в. : 61.755 м
Абсцисса ц.в. : -0.938 %
Ордината ц.в. : 0.000 м
Апликата ц.в. : 4.948 м
Характеристики мидельшпангоута:
Площадь миделя : 194.90 м²
Кэффициент полноты миделя : 0.9800
Характеристики ватерлинии:
длина по ватерлинии : 133.21 м
ширина по ватерлинии : 22.600 м
Площадь ватерлинии : 2368.4 м²
Кэффициент полноты вл : 0.8219
Абсцисса ц.т. площади ватерлинии : 57.243 м
Ордината ц.т. площади ватерлинии : 0.000 м
Половина угла носового заострения : 14.556 град
поперечный момент инерции : 95801 м⁴
Продольный момент инерции : 2939905 м⁴
Начальная остойчивость:
Апликата поперечного метacentра : 10.570 м
поперечный метacentрический радиус : 5.622 м
Апликата продольного метacentра : 177.46 м
Продольный метacentрический радиус : 172.51 м
Характеристики дп:
Площадь погруженной части дп : 1127.0 м²
Абсцисса центра тяжести площади дп : 67.817 м
Апликата центра тяжести площади дп : 4.491 м
Характеристики надводной части корпуса:
Проекция на дп площади парусности : 718.78 м²
Апликата ц.т. площади парусности : 11.498 м
Абсцисса ц.т. площади парусности : 64.781 м
Возвышение ц.т. площади парусности над квл : 2.698 м
Расстояние от нп до ц.т. площади парусности : 64.219 м
    
```

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	8976.7	0.000	0.000	62.004	0.000	8.495

Внимание: масса судна и водоизмещение отличаются более чем на 10% !

Рисунок 3.1 – Результаты расчёта гидростатики 1

площади шангоутов (СПШ):

Положение м	Площадь м <sup>2</sup>
-3.599	15.985
6.450	42.238
10.000	65.527
12.900	81.825
19.350	116.346
25.800	144.335
32.250	166.979
35.700	176.722
38.700	183.979
45.150	192.423
51.600	194.652
58.050	194.895
64.500	192.832
70.950	187.945
77.400	180.652
83.850	168.587
90.300	151.710
96.750	130.847
103.200	106.233
109.650	79.752
116.100	53.808
122.550	31.207
125.775	24.383
129.000	20.932
130.613	21.019
132.225	18.068
134.680	0.000

Характеристики бульба:

Средняя осадка	:	8,800 м
Абсцисса носового перпендикуляра	:	129,00 м
Площадь бульба на носовом перпендикул.	:	20,932 м <sup>2</sup>
Апplikата Ц.Т. площади бульба	:	5,191 м
коэффициент бульбообразности	:	0,107

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 устойчивости

По рассчитанной аппликате центра тяжести, в пакете FreeShip производится расчёт устойчивости. 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.

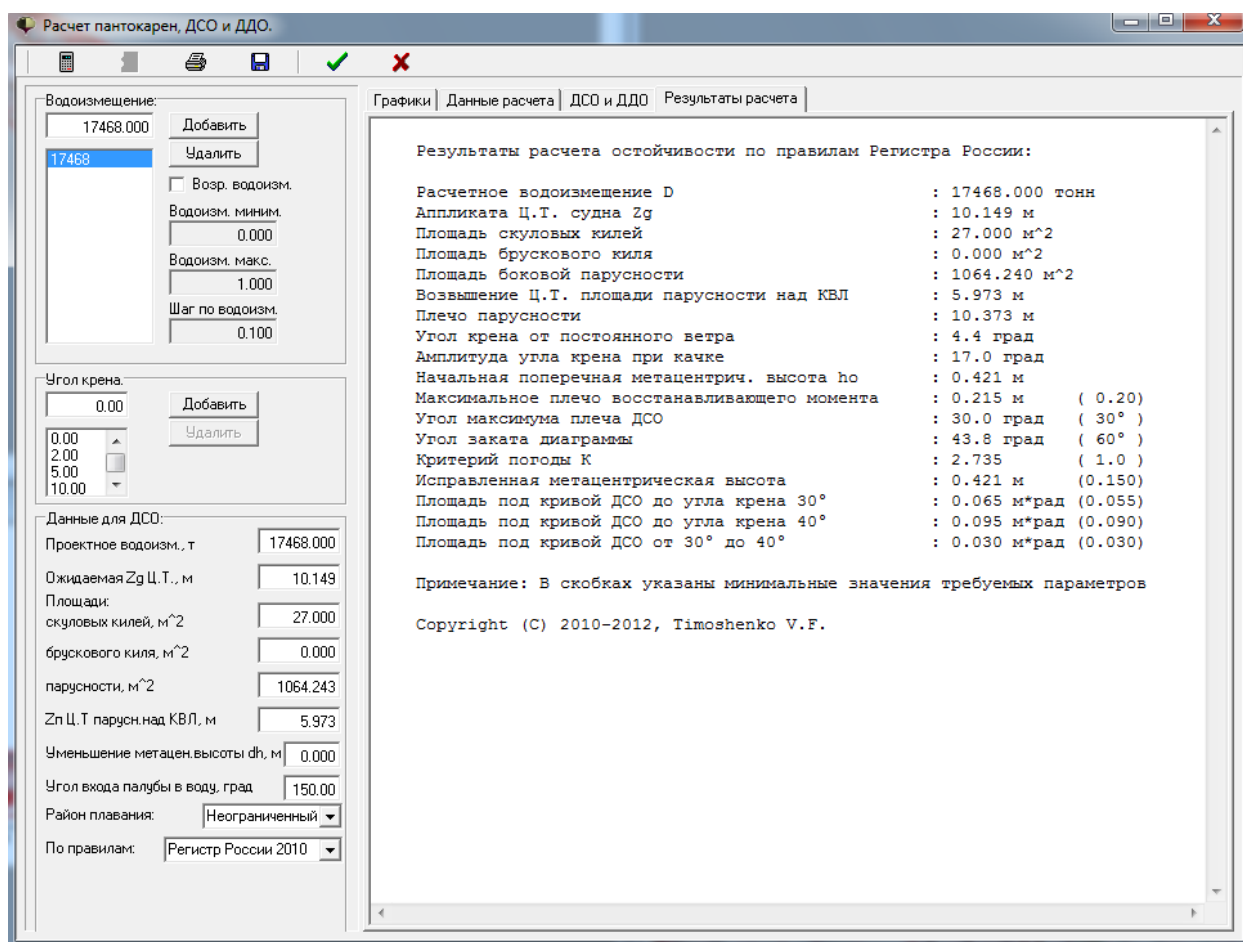


Рисунок 3.3 – Результаты расчёта остойчивости при выбранной  $z_g$

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.

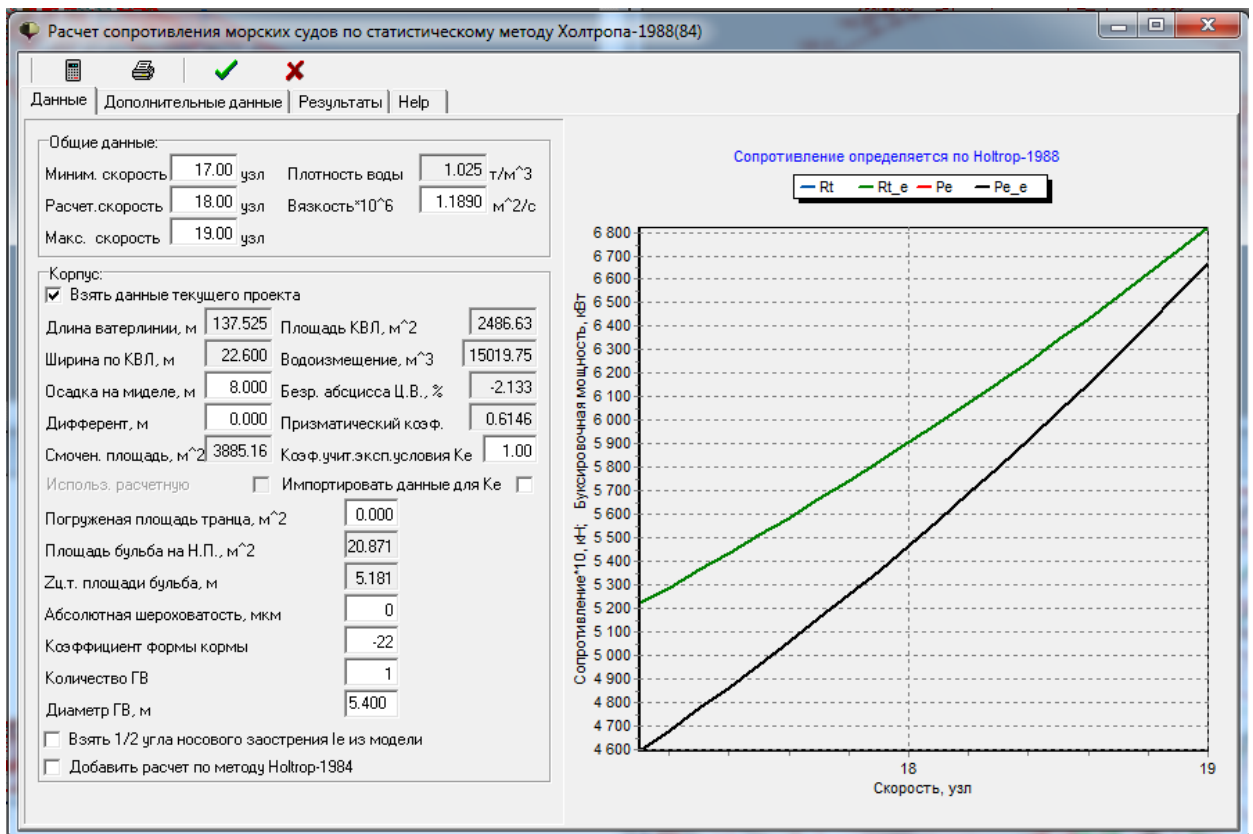


Рисунок 3.4 – Окно ввода данных при расчёте ходкости в программе FreeShip

Результаты расчёта ходкости по методу Холтропа приведены в таблице 3.1.

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

Va	Vms	Fz	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	кВт	кН	кВт
17.00	8.75	0.238	261.4	253.8	515.1	4505.2	515.1	4505.2
17.14	8.82	0.240	265.5	259.6	525.1	4630.6	525.1	4630.6
17.29	8.89	0.242	269.7	265.6	535.2	4759.7	535.2	4759.7
17.43	8.97	0.244	273.9	271.8	545.7	4892.6	545.7	4892.6
17.57	9.04	0.246	278.1	278.3	556.4	5029.6	556.4	5029.6
17.71	9.11	0.248	282.4	285.1	567.4	5170.9	567.4	5170.9
17.86	9.19	0.250	286.6	292.1	578.8	5316.8	578.8	5316.8
18.00	9.26	0.252	291.0	299.5	590.4	5467.4	590.4	5467.4
18.50	9.52	0.259	306.3	327.8	634.1	6034.9	634.1	6034.9
19.00	9.77	0.266	322.0	360.1	682.1	6667.2	682.1	6667.2

T<sub>b</sub> = 702.087 кН  
 K<sub>dt</sub> = 1.425  
 D<sub>p</sub> = 5.400 м  
 Z = 4  
 Ae/Ao = 0.523 - расчетное  
 Ae/Ao = 0.550 - для выбора винтовой диаграммы  
 P/D<sub>p</sub> = 1.070 - по кривой оптимальных частот вращения винта  
 Ke = 1.000  
 ie = 15.649 град  
 Wc = 0.2539  
 t = 0.1590  
 EtaR = 1.0089  
 EtaH = 1.1272  
 EtaH\*EtaR = 1.1372

Рисунок 3.5 – Результаты расчёта ходкости

Таким образом, мощность предусмотренного на контейнеровозе главного двигателя превышает рассчитанную, что позволяет развивать скорость в 18 узлов при эксплуатационной мощности.

## Заключение

В результате выполнения проекта была разработана 3D модель корпуса контейнеровоза «Hoheweg».

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 контейнеровоза «Helene»»

Разработанная 3D модель корпуса контейнеровоза была использована для анализа проектных характеристик контейнеровоза «Helene» 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 2021 06	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20



## 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).

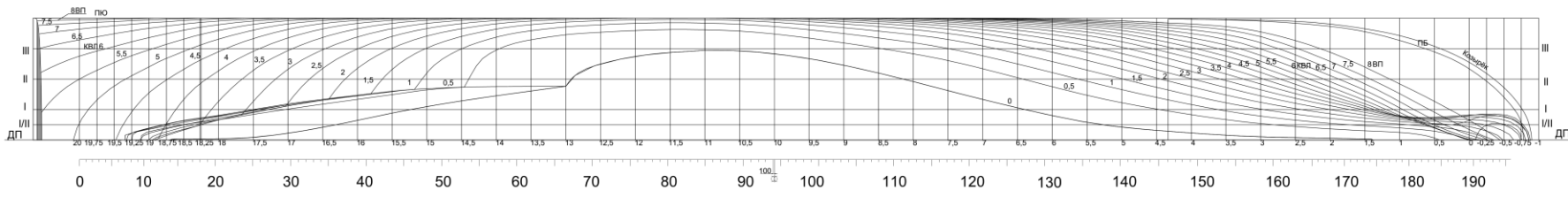
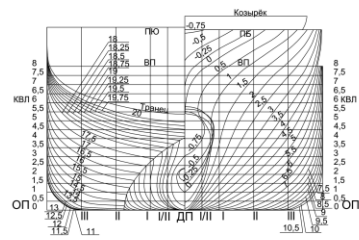
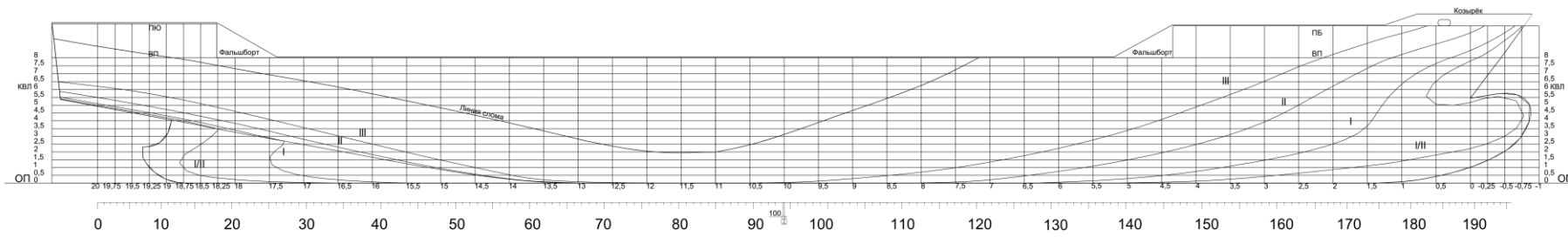
					СПКБ МИТ 2021 06	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

# **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

(обязательное)

**Теоретический чертеж**

8300000001.1.01.1.00000006



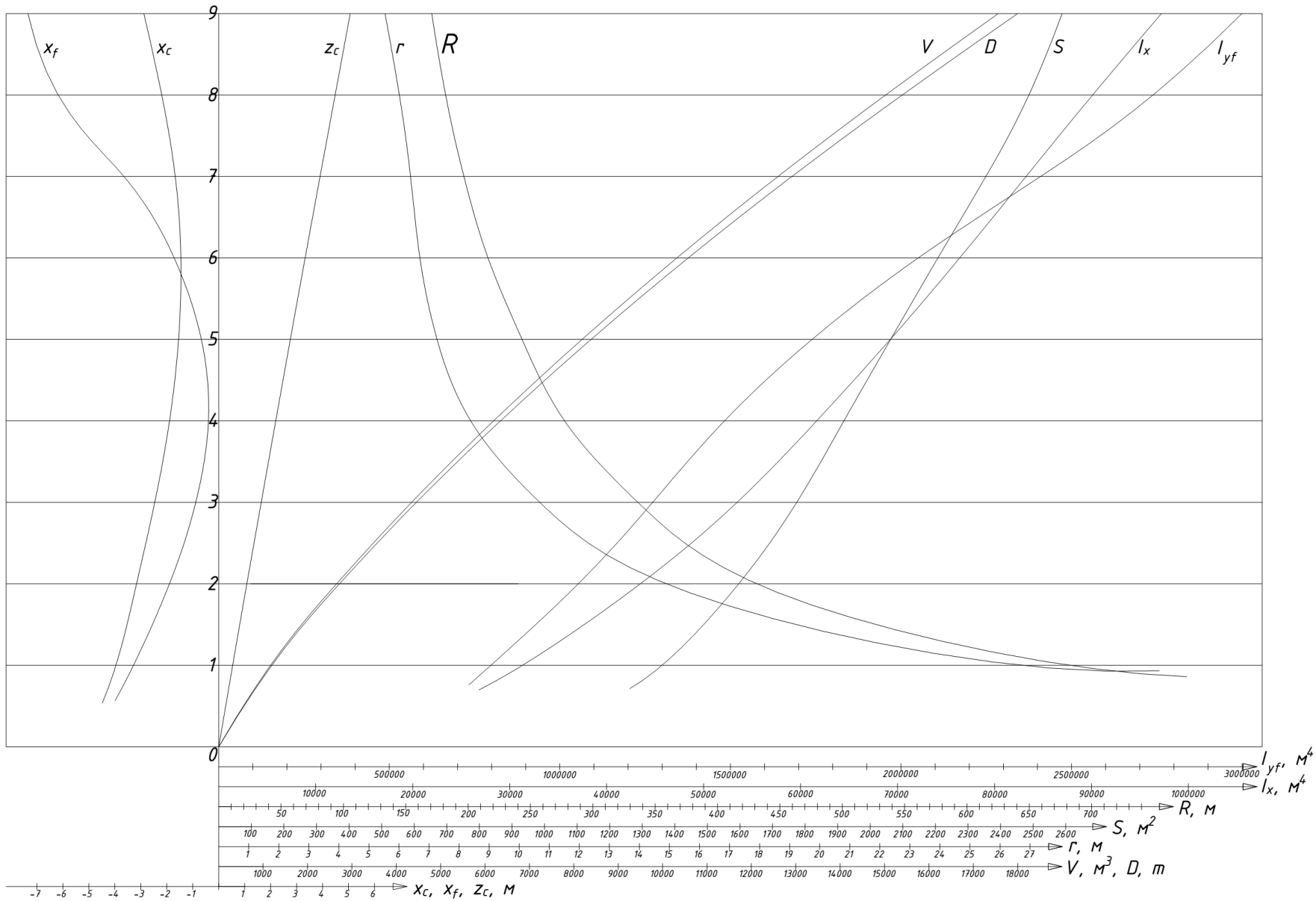
**Основные характеристики**

Длина наибольшая	138,10 м
Длина между перпендикулярами	129,00 м
Ширина	11,80 м
Высота борта	22,6 м
Осадка по КВЛБ/ВП	8,00/8,80 м
Дедвейт (КВЛБ/ВП)	9600/11500 т
Контейнерместность (общая/палуба/трюм)	970/850/317/ЕУ
Главный двигатель	MAN-B&W 8L48/60В
Характеристики	9600 кВт; 500 р/мин
Численность экипажа	15 чел.
Скорость	18 узлов
ОЛ +100 А5 Е CONTAINER SHIP, SOLAS II-2, Reg. 19 DANGEROUS GOODS +MC AUT NAV - OC, IV	

8КСБ1.1.01.00000006	
Технический чертёж	1:100
Контурная КС	

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
(обязательное)

**Чертеж гидростатических кривых**



				<b>ВКСБ.1.01.000000Т4</b>			
				Чертеж			
				гидростатических			
				кривых			
				Кафедра КС			
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Литера	Масса	Масштаб
					У		
Разраб.	Витенский И.Д.				Лист	Листов	
Пров.	Витенский И.Д.						
Т. контр.							
Н. контр.	Витенский И.Д.						
Утв.	Витенский И.Д.						