

Международная конференция InfoDBlas'09

Практическое применение информационных технологий в судостроении

Новые возможности FREE!ship Plus при проектировании судов и подводных аппаратов

Доцент, к.т.н Тимошенко В.Ф., НУК, Николаев, Украина

21-23 октября 2009г., Севастополь.

# Номенклатура расчетов гидростатики Free!ship Plus

1. Расчет параметров погруженного объема корпуса
2. Расчет кривых элементов ТЧ
3. Расчет боковой и лобовой площади надводной части корпуса и координат их Ц.Т. \*
4. Задание и расчет весовой нагрузки \*, координат Ц.Т. судна\*
5. Расчет пантокарен, диаграммы статической остойчивости (ДСО) \*, диаграммы динамической остойчивости (ДДО)\*, критерия погоды К\*.
6. Расчет строевой по шпангоутам (СПШ)
7. Построение масштаба Бонжана с использованием СПШ
8. Расчет непотопляемости методами приема груза и исключения.\*

\* — новое помечено

# Номенклатура расчетов гидродинамики Free!ship Plus

*Расчет сопротивления и буксировочной мощности:*

- парусных яхт и скоростных парусных судов – методы **Delft I, Holtrop-84**;
- каноэ и каяки – метод **Kaper**
- быстроходные круглоскулые катера – по диаграммам **Володина, Нордстрема, де Гроота, SSPA** (Швеция), **NPL** (Британия), **64 серия** Тейлоровского бассейна
- водоизмещающие суда с большим удлинением и катамараны – по методике **Дубровского**
- речные грузовые, пассажирские, грузопассажирские, буксирные суда и толкачи – по методу **НИИВТа, ГИИВТа и ЛИВТа**
- грузовые суда внутреннего и смешаного плавания (река-море) – методу **НИИВТа**
- промысловые суда (МРТ, СРТ) - по методу **Ерошина**
- буксиры, тральщики и посыльные, траулеры по диаграмме **Неймана**
- суда скоростные водоизмещающие в конце режима плавания и в переходном режиме – по диаграммам **Брауна**

## продолжение

- ОСТ 5.0181-75:
- быстроходные и среднескоростные суда (контейнеровозы, трейлеровозы, лихтеровозы) - по **ОСТ серия N 1**
- пассажирские и грузопассажирские суда (двухвинтовые) - по **ОСТ серия N 2**
- морские транспортные суда (универсальные сухогрузы, среднетоннажные танкеры, балкеры, транспортные рефрижераторы) - по **ОСТ серия N 3**
- танкеры и рудовозы - по **ОСТ серия N 4**
  
- морские грузовые суда – по методу **Holtrop-1988(84)** и **Hollenbach-1998**
- морские скоростные без цилиндрической вставки, буксиры, ледоколы и промысловые суда – по близкому прототипу методом **Гирса** и **Дубровина**
- суда большого удлинения, катамараны, тримараны и пентамараны – CFD методом **Митчела** (экспорт во внешний модуль Michlet)
- любые водоизмещающие суда – методом с использованием данных модельных испытаний

# Новые серии и методы расчета

- водоизмещающие катамараны и тримараны \*
- небольшие водоизмещающие суда (типа траулеры и буксиры) – по методу **van Oortmerssen** -1971 \*
- глиссеры – по методу **Седова-Перельмутра** и **Савитского** \*

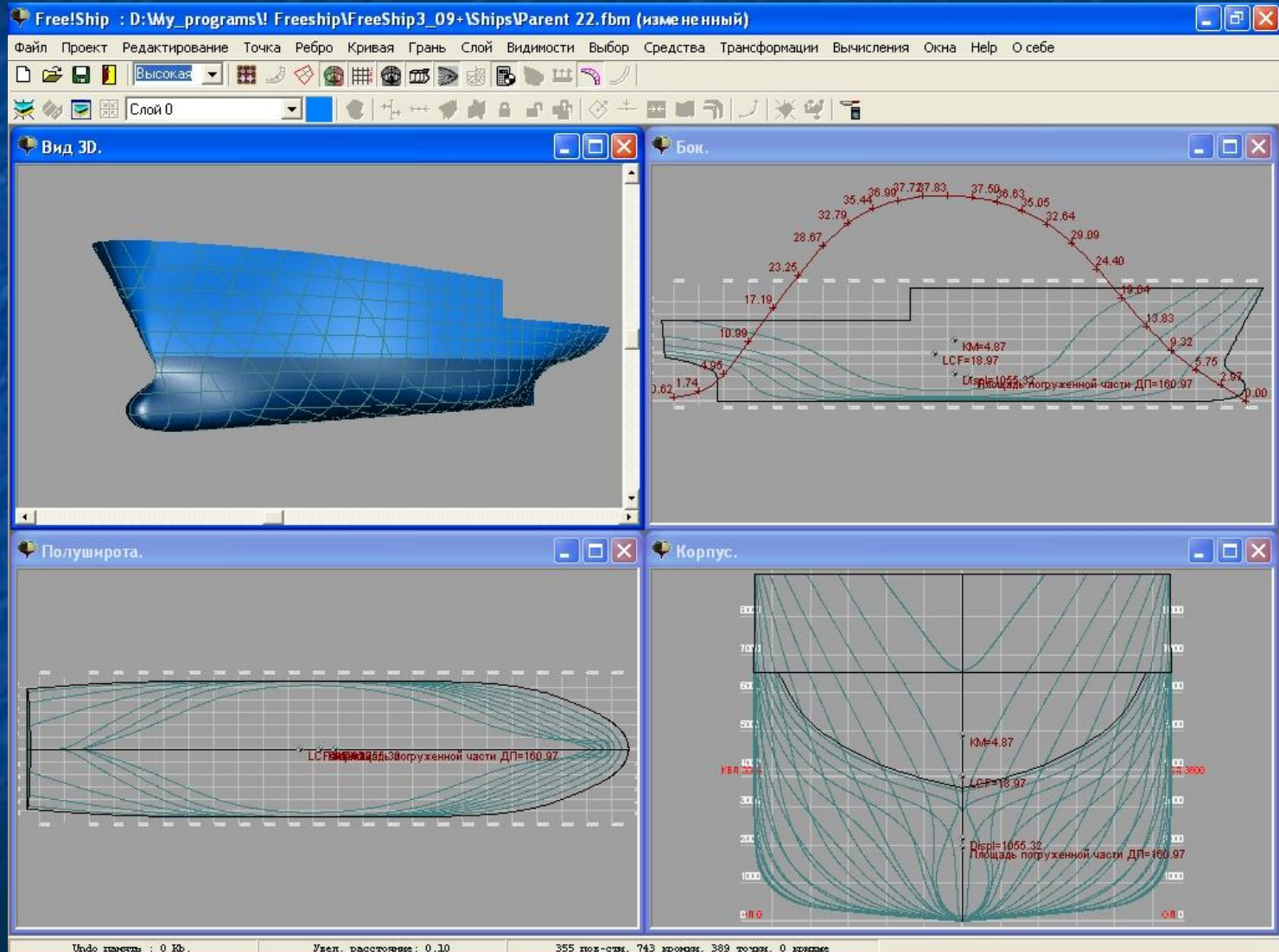
# Расчеты движителей

- Расчет и построение кривых действия гребных винтов серии В (Трооста) в свободной воде
- Предварительный расчет оптимального ГВ серии В
- Расчет оптимального движителя для выбора двигателя (17 винтовых диаграмм)
- Расчет элементов движителя для заданного двигателя
- Расчет паспортной диаграммы ( диаграммы ходкости )

## Другие расчеты по гидродинамике судов

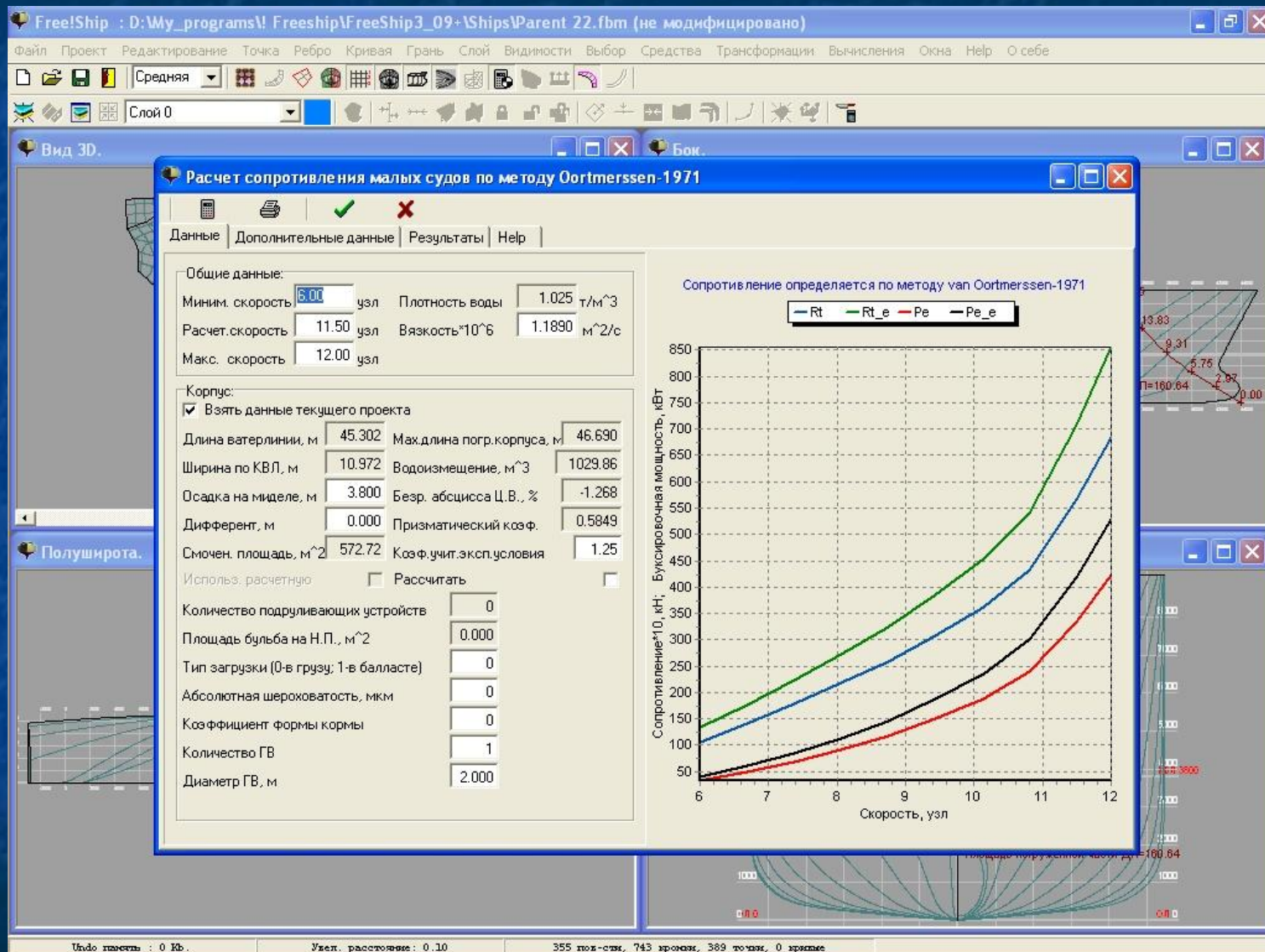
- Расчет присоединенных масс корпуса - **CFD** методом (моделирование поверхности **источниками-стоками**) и методом **эквивалентного эллипсоида** \*
- Расчет аэродинамических характеристик надводной части корпуса (15 типов судов) с использованием **регрессионного анализа** экспериментальных данных **Ишервуда** и **ОИИМФа** \*
- Расчет устойчивости на курсе по **методу Кларка-Гедлинга-Хайна**, поворотливости и расчет циркуляции судна при действии руля по **методу Листера-Найта**.
- Расчет разгона, свободного торможения и активного торможения (реверса)

# Траулер L=48м В=11м Т=3,8м





# Расчет сопротивления по методу van Oortmerssen-1971



# Результаты расчета сопротивления траулера

FreeShip : D:\My\_programs\Freeship\FreeShip3\_09+Ships\Parent 22.fbm (не модифицировано)

Файл Проект Редактирование Точка Ребро Кривая Грань Слой Видности Выбор Средства Трансформации Вычисления Окна Help О себе

Средняя

Слой 0

Вид 3D.

Бок.

### Расчет сопротивления малых судов по методу Oortmerssen-1971

Данные | Дополнительные данные | Результаты | Help

$Lwl/T = 11.922$   
 $L/V^{0.333} = 4.195$   
 $Vms/L^{0.5} = 0.933$   
 $Np = 1$

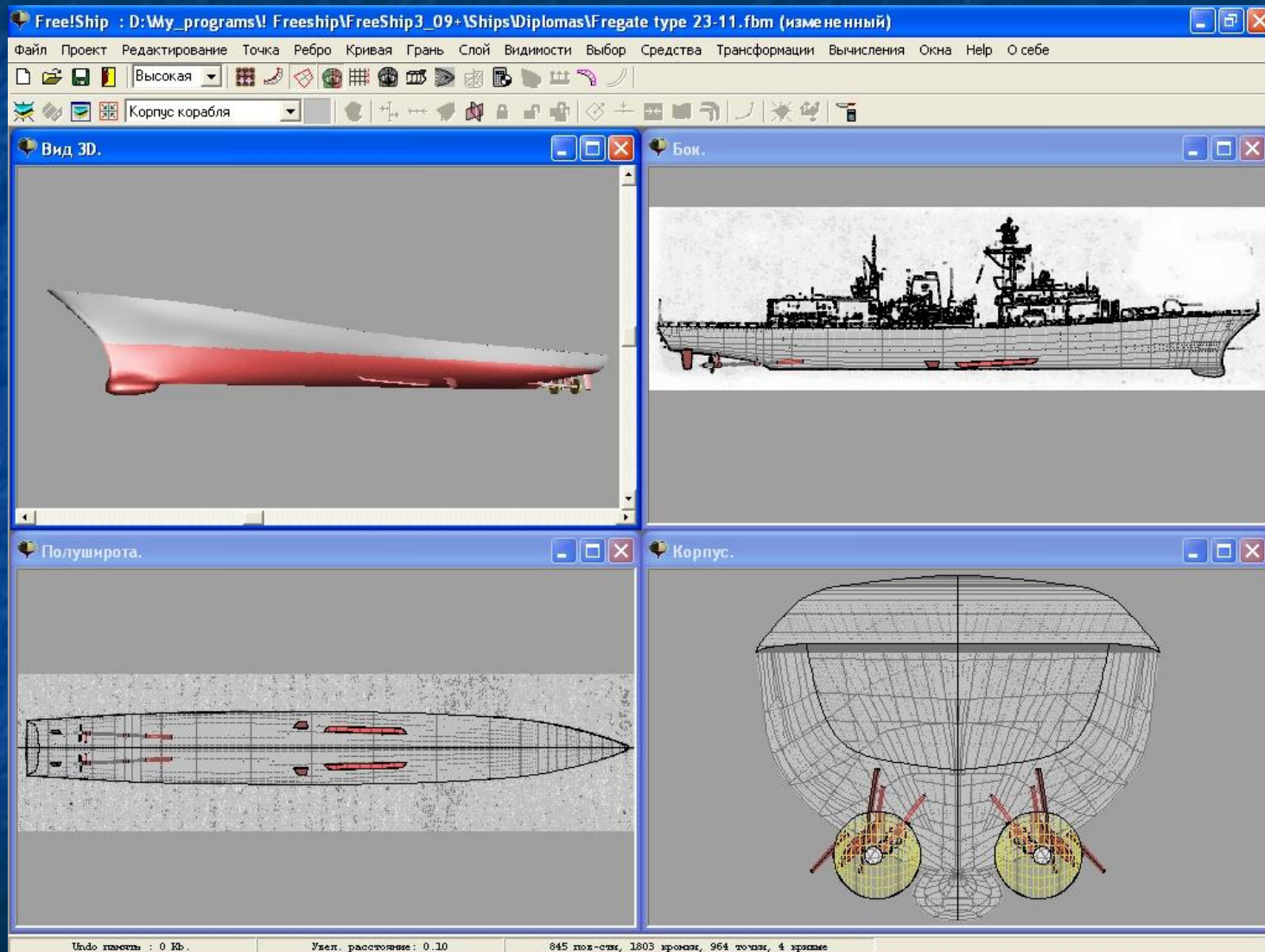
$Cv = 0.00306$   
 $Cp1 = 0.56164$   
 $Cf = 0.00188$   
 $Ca = 0.00066$   
 $(1+k) = 1.27787$

Результаты расчета буксировочной мощности и сопротивления по van Oortmerssen-1971

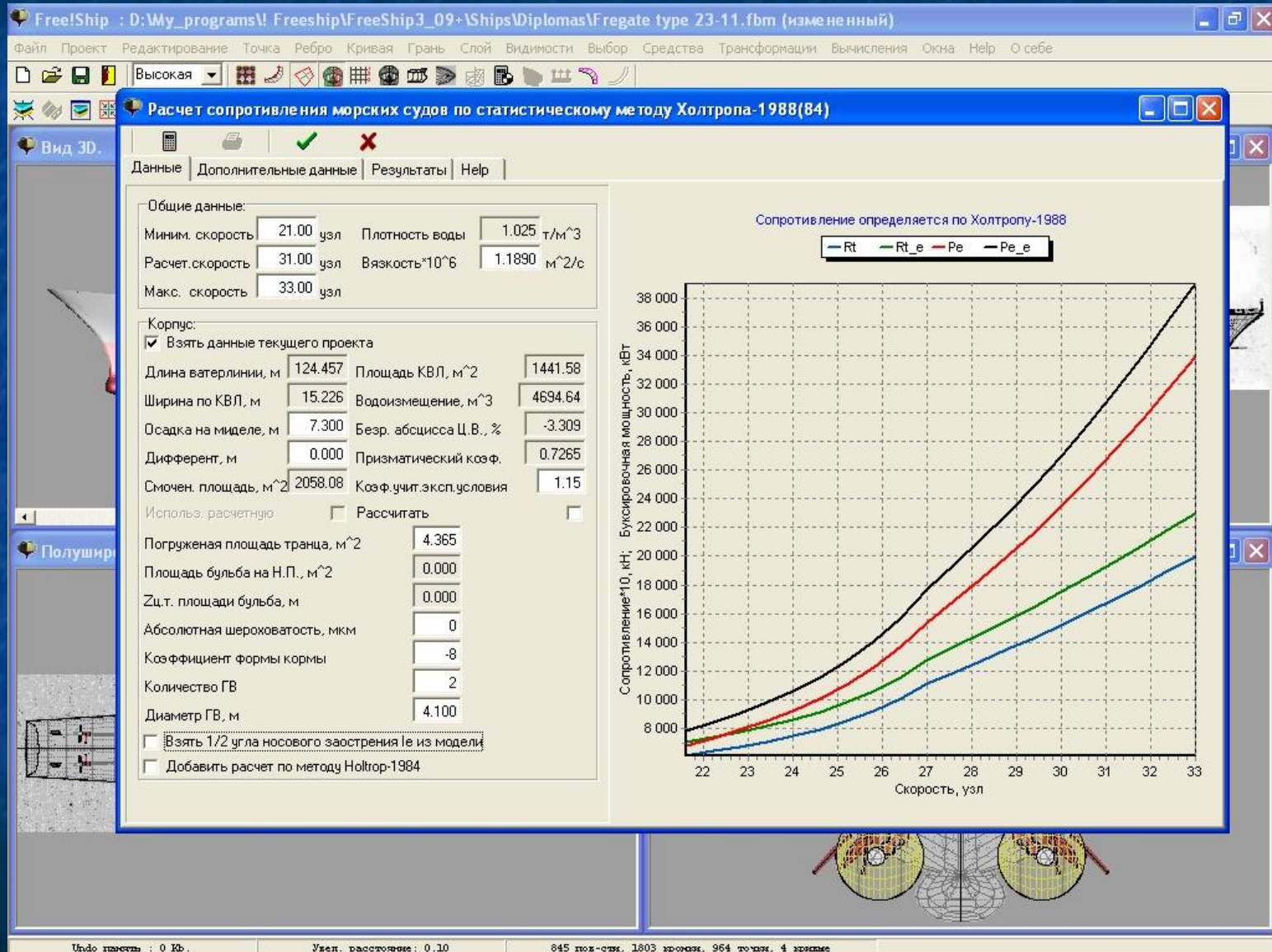
Vs	Vms	Fr	R <sub>f</sub>	R <sub>r</sub>	R <sub>T</sub>	Pe	R <sub>T_e</sub>	Pe_e
узл	м/с	-	кН	кН	кН	кВт	кН	кВт
6.688	3.440	0.166	8.734	5.403	14.14	48.63	17.68	60.79
7.375	3.794	0.183	10.51	7.380	17.89	67.86	22.36	84.82
8.063	4.148	0.200	12.43	9.385	21.82	90.49	27.27	113.1
8.750	4.501	0.217	14.51	11.41	25.92	116.7	32.40	145.8
9.438	4.855	0.234	16.74	14.08	30.82	149.6	38.53	187.0
10.13	5.209	0.251	19.12	17.08	36.20	188.6	45.25	235.7
10.81	5.562	0.268	21.65	21.59	43.25	240.6	54.06	300.7
11.50	5.916	0.285	24.33	32.21	56.54	334.5	70.68	418.1
12.00	6.173	0.298	26.37	42.08	68.45	422.5	85.56	528.2

Увидеть геометрию: 0 Кб. Увел. расстояние: 0.10 355 поли-спл, 743 кривые, 389 точки, 0 кривые

# Фрегат типа 23-11



# Расчет сопротивления по методу Холтропа



# Результаты расчета сопротивления фрегата

Free!Ship : D:\My\_programs\Freeship\FreeShip3\_09\ShipsDiplomas\Fregate type 23-11.fbm (измененный)

Расчет сопротивления морских судов по статистическому методу Холтропа-1988(84)

Данные | Дополнительные данные | Результаты | Help

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

Vs	Vms	Fr	R_f	R_r	R_T	Pe	R_T_e	Pe_e
узл	м/с	-	кН	кН	кН	кВт	кН	кВт
21.00	10.80	0.309	229.2	343.0	572.2	6181.5	658.0	7108.7
24.00	12.35	0.353	294.5	452.0	746.6	9217.6	858.6	10600.2
27.00	13.89	0.398	367.5	740.8	1108.3	15393.9	1274.5	17702.9
30.00	15.43	0.442	447.9	1074.1	1522.0	23489.8	1750.3	27013.3
32.00	16.46	0.471	505.7	1327.0	1832.7	30170.8	2107.6	34696.4

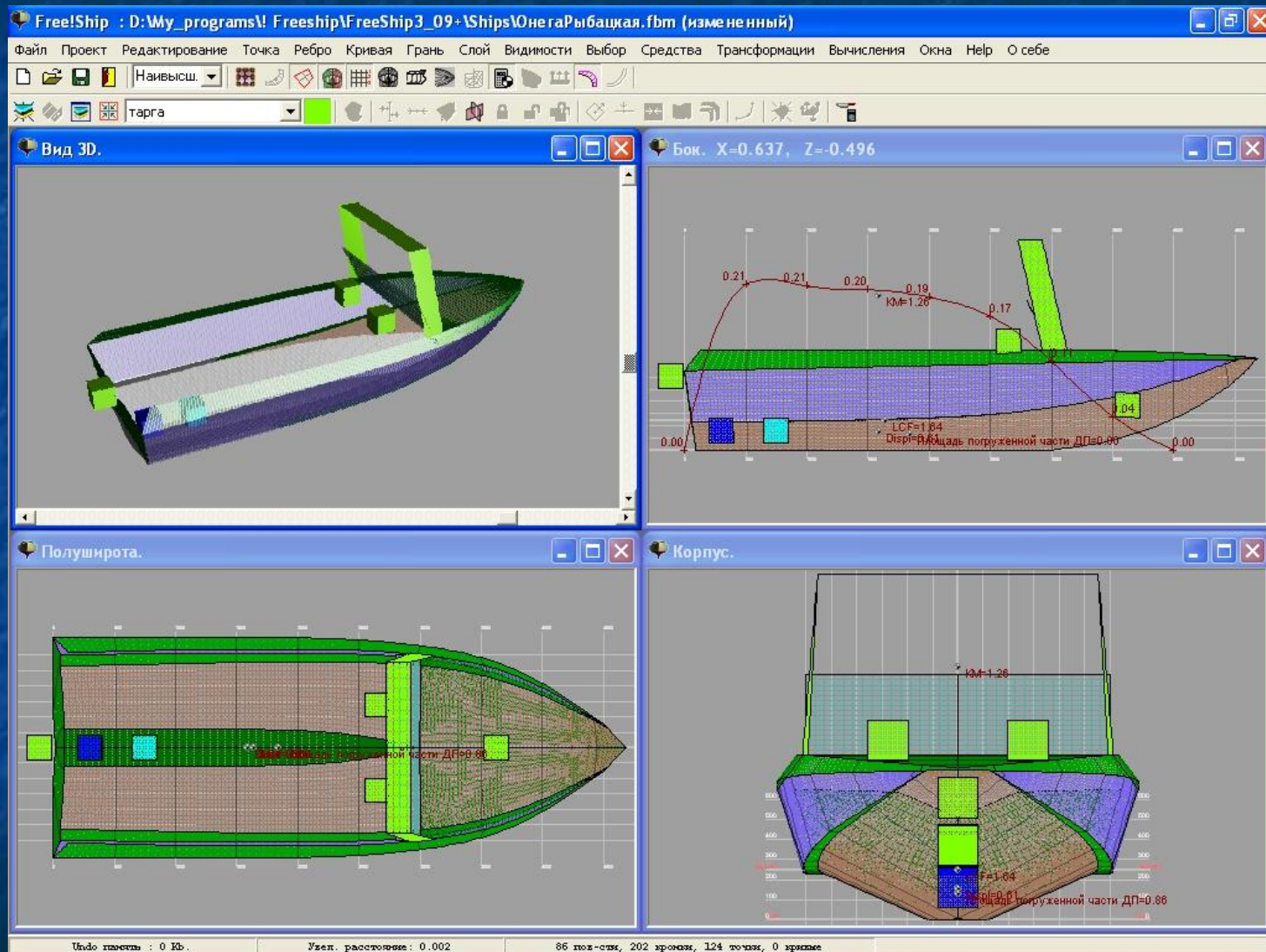
Tb = 908.774 кН  
Kdt = 2.076  
Dp = 4.100 м  
z = 3  
λe/λo = 1.085- расчетное  
λe/λo = 1.085- для выбора винтовой диаграммы  
P/D = 0.900- оптимальное по диаметру гребного винта  
Ke = 1.150  
Ie = 17.373 град  
Wt = 0.0232  
t = 0.0370  
ETAr = 1.006  
ETAh = 0.986  
ETAh\*ETAr = 0.991

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

Copyright (c) 2007, Timoshenko V.F.

Undo память : 0 Кб. Узел. расстояние: 0.10 845 пик-эле, 1803 эреле, 964 точки, 4 эреле

# Онега рыбацкая



# Задание весовой нагрузки в свойствах слоев

The screenshot displays the FreeShip software interface with the 'Свойства слоя' (Layer Properties) dialog box open. The dialog is titled 'Свойства слоя.' and contains the following information:

- Список слоев (Layer List):** A list of ship components with checkboxes. The 'мотор' (motor) component is selected and highlighted in blue. Other components include: транец, лыжа, брызгоотбойник, борт, фальшборт, палуба, днище, стекло, рыбак, бак, капитан, аккумулятор, груз, стойка тарги, and тарга.
- Имя (Name):** мотор
- Цвет (Color):** Green
- Прозрачность (Transparency):** 0.0%
- Использовать для гидростатики (Use for hydrostatics):**
- Симметрично (Symmetrical):**
- Пересечение кривых (Curve intersection):**
- Разворачиваемость (Unfoldability):**
- Показ в теоретическом чертеже (Show in theoretical drawing):**
- Плотность материала (Material density):** 152.0 т/м<sup>3</sup>
- Толщина (Thickness):** 5.0 мм
- Задать массу и коорд. Ц.Т. вручную (Specify mass and center of gravity manually):**
- Масса (Mass):** 0.000 т
- Координаты центра тяжести, м (Center of gravity coordinates, m):** X: 0.000, Y: 0.000, Z: 0.000
- Свойства поверхности (Surface properties):**
  - Площадь: 0.200 м<sup>2</sup>
  - Масса: 0.152 тонн
  - Центр тяжести: -0.11, 0.00, 0.63 м

The background shows a 3D model of a boat hull with a motor component highlighted in green. The interface includes a menu bar (File, Project, Editing, etc.), a toolbar, and several view windows (3D View, Side View, etc.). The status bar at the bottom indicates 'Undo elements: 0', 'View distance: 0.002', and '86 grid lines, 202 vertices, 124 faces, 0 curves'.

# Расчет координат центра масс и посадки катера

Free!Ship : D:\My\_programs\Freeship\FreeShip3\_09+Ships\ЮнегаРыбачья.fbm (измененный)

Файл Проект Параметры... Таблица Работы Кадры Батт... Слой Видимость Выбор Свойства... Таблица... Видимость... Вид... Help... Ошибка

**Результаты гидростатики**

Печать Сохранить Закреть

Вид

Свойства слоя были рассчитаны для обоих бортов судна:

Слой	Площадь м <sup>2</sup>	Толщина мм	Масса тонн	COG X м	COG Y м	COG Z м
транец	0.840	12.000	0.024	0.041	0.000	0.366
льжа	0.741	8.000	0.014	1.353	0.000	0.000
брызгоотбойник	0.564	4.000	0.005	1.848	0.000	0.298
борт	3.360	4.000	0.032	1.952	0.000	0.499
фальшборт	1.282	4.000	0.012	1.928	0.000	0.753
палуба	1.683	4.000	0.016	3.633	0.000	0.807
днище	5.509	6.000	0.079	2.315	0.000	0.203
стекло	0.680	2.500	0.002	2.899	0.000	1.020
рыбак	0.200	5.000	0.000	0.739	0.350	0.929
бак	0.200	5.000	0.050	0.747	0.000	0.181
капитан	0.400	5.000	0.150	2.646	0.000	0.914
аккумулятор	0.200	5.000	0.030	0.298	0.000	0.182
груз	0.200	5.000	0.020	3.621	0.000	0.390
мотор	0.200	5.000	0.152	-0.110	0.000	0.628
стойка тарги	0.362	5.000	0.004	2.925	0.000	1.269
тарга	0.280	5.000	0.018	2.825	0.000	1.720
<b>Общее</b>	<b>16.702</b>		<b>0.609</b>	<b>1.518</b>	<b>0.000</b>	<b>0.587</b>

Пол

Параметры посадки судна:

Приращение средней осадки : 0.000 м  
 Средняя осадка : 0.245 м  
 Начальная поперечная метацентрич. высота h<sub>0</sub> : 0.674 м  
 Начальная продольная метацентрич. высота H<sub>0</sub> : 6.847 м  
 Угол крена Theta : 0.000 град  
 Угол дифферента Psi : -0.550 град

Undo память : 9 Кб. Угол. расстояние : 0.002 86 тех-ств, 202 эрств, 124 точек, 0 эрств



# Расчет кривых элементов ТЧ катера

FreeShip : D:\My\_programs\! Freeship\FreeShip3\_09+\Ships\ОнегаРыбачкая.fbm (измененный)

Файл Проект Редактирование Точка Ребро Кривая Грань Слой Видимости Выбор Средства Трансформации Вычисления Окна Help О себе

Навигация

### Результаты гидростатики

Печать Сохранить Закреть

Проектант :  
Имя файла : D:\My\_programs\! Freeship\FreeShip3\_09+\Ships\ОнегаРыбачкая.fbm

Длина между перпенд. : 4.700 м  
 Длина максимальная : 4.680 м  
 Ширина на миделе : 1.760 м  
 Ширина максимальная : 1.800 м  
 Проектная осадка : 0.245 м  
 Абсцисса миделя : 2.350 м  
 Плотность воды : 1.000 т/м<sup>3</sup>  
 Дополн. коэффициент : 1.0000

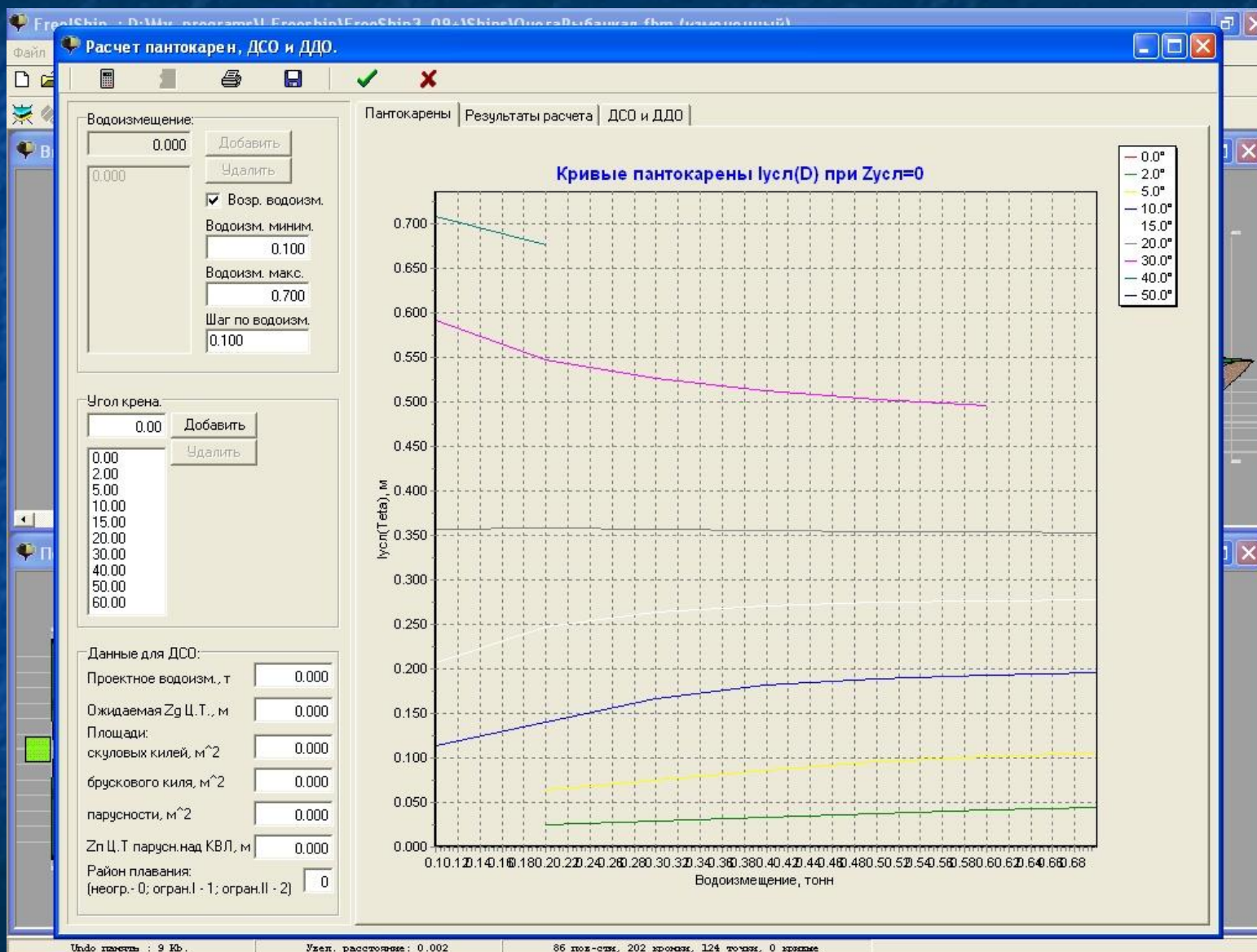
Draft	Trim	Lwl	Bwl	Volume	Displ.	LCB	VCB	Cb	Am	Cm	Aw	Cw	LCF	Cp	S	KMl	KMI
м	м	м	м	м <sup>3</sup>	тонн	м	м	[-]	м <sup>2</sup>	[-]	м <sup>2</sup>	[-]	м	[-]	м <sup>2</sup>	м	м
0.200	0.000	3.796	1.199	0.427	0.427	1.555	0.123	0.4688	0.129	0.5366	3.636	0.7989	1.644	0.8736	4.087	0.962	8.000
0.210	0.000	3.822	1.244	0.464	0.464	1.562	0.129	0.4646	0.139	0.5338	3.794	0.7981	1.653	0.8703	4.274	0.995	7.792
0.220	0.000	3.848	1.288	0.503	0.503	1.570	0.136	0.4607	0.151	0.5313	3.951	0.7969	1.661	0.8672	4.463	1.027	7.591
0.230	0.000	3.872	1.512	0.543	0.543	1.577	0.143	0.4031	0.162	0.4664	4.111	0.7022	1.669	0.8644	4.654	1.061	7.414
0.240	0.000	3.896	1.542	0.586	0.586	1.582	0.149	0.4061	0.174	0.4707	4.420	0.7356	1.638	0.8629	5.002	1.228	7.557
0.250	0.000	3.919	1.549	0.631	0.631	1.586	0.156	0.4156	0.187	0.4818	4.620	0.7608	1.650	0.8626	5.246	1.287	7.316
0.260	0.000	3.942	1.555	0.678	0.678	1.591	0.163	0.4253	0.199	0.4933	4.770	0.7780	1.668	0.8621	5.448	1.302	7.062
0.270	0.000	3.964	1.561	0.726	0.726	1.597	0.170	0.4346	0.213	0.5046	4.897	0.7912	1.687	0.8613	5.631	1.298	6.833
0.280	0.000	3.986	1.567	0.776	0.776	1.603	0.177	0.4436	0.226	0.5160	5.010	0.8020	1.706	0.8597	5.798	1.287	6.626
0.290	0.000	4.008	1.573	0.826	0.826	1.610	0.183	0.4521	0.241	0.5292	5.107	0.8101	1.724	0.8543	5.954	1.268	6.438
0.300	0.000	4.029	1.579	0.878	0.878	1.617	0.190	0.4601	0.257	0.5422	5.194	0.8167	1.740	0.8485	6.102	1.246	6.263

Узел. расстояние: 0.002

86 узлов-спл, 202 ребра, 124 точки, 0 кривые

Узел. расстояние: 0.86

# Расчет пантокарен катера





# Результаты расчета сопротивления и мощности методом Седова-Перельмутра

FreeShip : D:\My\_programs\1\Freeship\FreeShip3\_09+Ships\ЮнегаРыбачкая.fbm (не модифицировано)

Файл Проект Редактирование Точка Ребро Кривая Грань Слой Видимости Выбор Средства Трансформации Вычисления Окна Help О себе

Наивысш.

Расчет буксировочных сопротивлений и мощностей для глиссеров.

Общие данные Результаты

Водоизмещение : 0.61 т  
 Угол килеватости на миделе : 20.000 град  
 Абсцисса Ц.Т. : 1.584 м  
 Площадь миделя выше ватерлинии : 11.00 м<sup>2</sup>  
 Надбавка на шероховатость,  $dCF \cdot 10^3$  : 0.400  
 Максимальная скорость : 62.00 узл  
 Угол между гребным валом и ОЛ : 4.00 град  
 Миним.расст. между валом и ЦТ : 0.150 м

---

Результаты расчета буксировочного сопротивления и мощности глиссера

Vs	FrB	Tau	R <sub>f</sub>	R <sub>p</sub>	R <sub>t</sub>	Pe
узл	-	град	кН	кН	кН	кВт
12.87	1.70	5.75	0.295	0.601	0.895	5.9275
17.78	2.35	4.05	0.521	0.422	0.943	8.6301
22.69	3.00	3.24	0.802	0.338	1.140	13.3099
27.61	3.65	2.78	1.113	0.289	1.402	19.9156
32.52	4.30	2.39	1.486	0.249	1.735	29.0234
37.43	4.95	2.15	1.912	0.224	2.136	41.1297
42.35	5.59	1.99	2.349	0.207	2.556	55.6869
47.26	6.24	1.89	2.778	0.197	2.974	72.3162
52.17	6.89	1.79	3.283	0.187	3.470	93.1264
57.09	7.54	1.71	3.839	0.178	4.017	117.982
62.00	8.19	1.64	4.454	0.170	4.624	147.494

Undo мощность : 0 Кв. Увел. расстояние: 0.002 86 гол-ств, 202 эрванк, 124 гол-ств, 0 эрванк

# Результаты расчета сопротивления и режима глиссирования по методу Савитского

Free!Ship : D:\My\_programs\Freeship\FreeShip3\_09+\Ships\ОнегаРыбачья.fbm (не модифицировано)

Файл Проект Редактирование Точка Ребро Кривая Грань Слой Видимости Выбор Средства Трансформации Вычисления Окна Help О себе

Наивыш.

Расчет буксировочных сопротивлений и мощностей для глиссеров.

Общие данные Результаты

Максимальная скорость : 62.00 узл  
 Угол между гребным валом и ОЛ : 4.00 град  
 Миним.расст. между валом и ЦТ : 0.150 м

-----

Результаты расчета буксировочного сопротивления и мощности глиссера по Д.Савитскому

Vs	FrB	Tau	R <sub>f</sub>	R <sub>p</sub>	R <sub>t</sub>	Pe
узл	-	град	кН	кН	кН	кВт
12.87	1.70	6.03	0.284	0.640	0.924	6.1161
17.78	2.35	4.57	0.488	0.484	0.971	8.8859
22.69	3.00	3.47	0.755	0.368	1.123	13.1144
27.61	3.65	2.73	1.086	0.289	1.375	19.5350
32.52	4.30	2.25	1.480	0.238	1.718	28.7461
37.43	4.95	1.94	1.940	0.205	2.145	41.3011
42.35	5.59	1.75	2.466	0.185	2.651	57.7549
47.26	6.24	1.67	3.061	0.177	3.238	78.7271
52.17	6.89	1.76	3.730	0.186	3.915	105.088
57.09	7.54	2.33	4.463	0.246	4.709	138.290

-----

lambda вне диапазона 2,0 ... 5,0  
 Tau вне диапазона 2,0 ... 15,0

-----

**ВНИМАНИЕ!!! Нестабильный режим глиссирования (дельфинирование)!!!**  
 Tau = 15.0004 > Tau\_Min = -243955.0000

62.00	8.19	15.00	271.388	1.623	273.012	8707.79
-------	------	-------	---------	-------	---------	---------

-----

Полуширота.

Угол наклона: 0.002

86 пол-ств, 202 зрени, 124 точки, 0 зрени

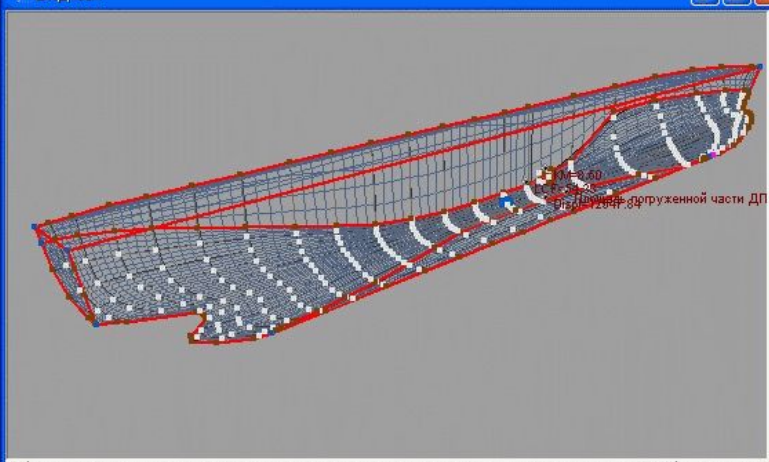
# Контейнеровоз L=120м

FreeShip : C:\My\_programs\Freeship\FreeShip3\_08+ShipsDatabase\FREE!ship demo 3+deck+gruz\_man.fbm (измененный)


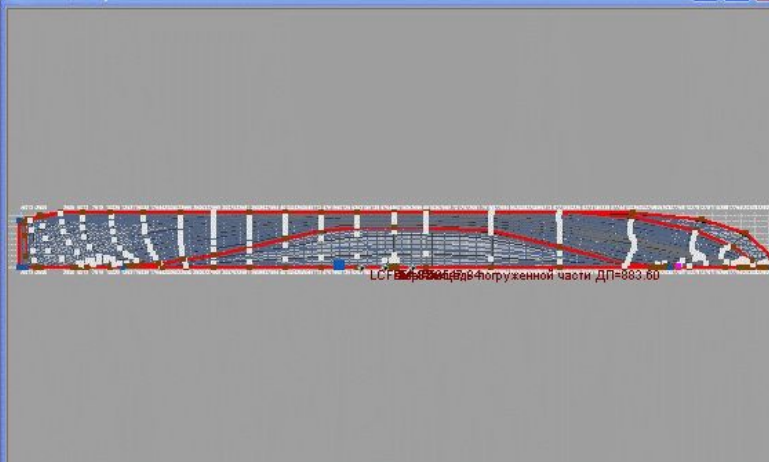
Файл Проект Редактирование Точка Ребро Кривая Грань Слой Видимости Выбор Средства Трансформации Вычисления Окна Help О себе

Средняя Цистерна 1

Вид 3D. Бок. X=17.412, Z=-17.524



Полуширота. Корпус.



Undo объектов : 0 Кб. Увел. расстояние : 0.10 345 тех-слой, 733 зрания, 391 точка, 0 зрания

Detailed description: The image shows a screenshot of the FreeShip software interface. The main window displays a 3D wireframe model of a container ship hull section. The model is rendered in a perspective view, showing the hull structure with a red outline. The software interface includes a menu bar with options like 'Файл', 'Проект', 'Редактирование', etc. Below the menu is a toolbar with various icons for editing and viewing. The status bar at the bottom provides information about the current project, including the number of objects, layers, and points. The 'Вид 3D' window shows a 3D view of the hull section. The 'Полуширота' window shows a half-width view of the hull section. The 'Корпус' window shows a view of the hull body with a vertical section line. The 'Бок' window shows a side view of the hull section with numerical data points along the curve.

# Расчет координат центра тяжести и посадки контейнеровоза

FreeShip : D:\My\_programs\Freeship\Freeship3\_09+Ships\Database\FREE!ship demo 3+deck+gruz\_man.fbm (измененный)

Файл Проект Валентиновичи Тома Рабон Кислер Брань Спей Выключить Выбор Средства Трансформации Выключить Оупь Help Оупь

## Результаты гидростатики

Печать Сохранить Закреть

Поперечный метацентрический радиус : 4.408 м  
 Аппликата продольного метацентра : 172.40 м  
 Продольный метацентрический радиус : 168.31 м

Характеристики ДП:

Площадь погруженной части ДП : 883.60 м<sup>2</sup>  
 Абсцисса центра давления : 63.356 м  
 Аппликата центра давления : 3.828 м

Характеристики надводной части корпуса:

Проекция на ДП площади парусности : 955.93 м<sup>2</sup>  
 Возвышение Ц.Т. площади парусности над КВЛ : 3.783 м  
 Расстояние от НП до Ц.Т. площади парусности : 61.843 м

Свойства слоя были рассчитаны для обоих бортов судна:

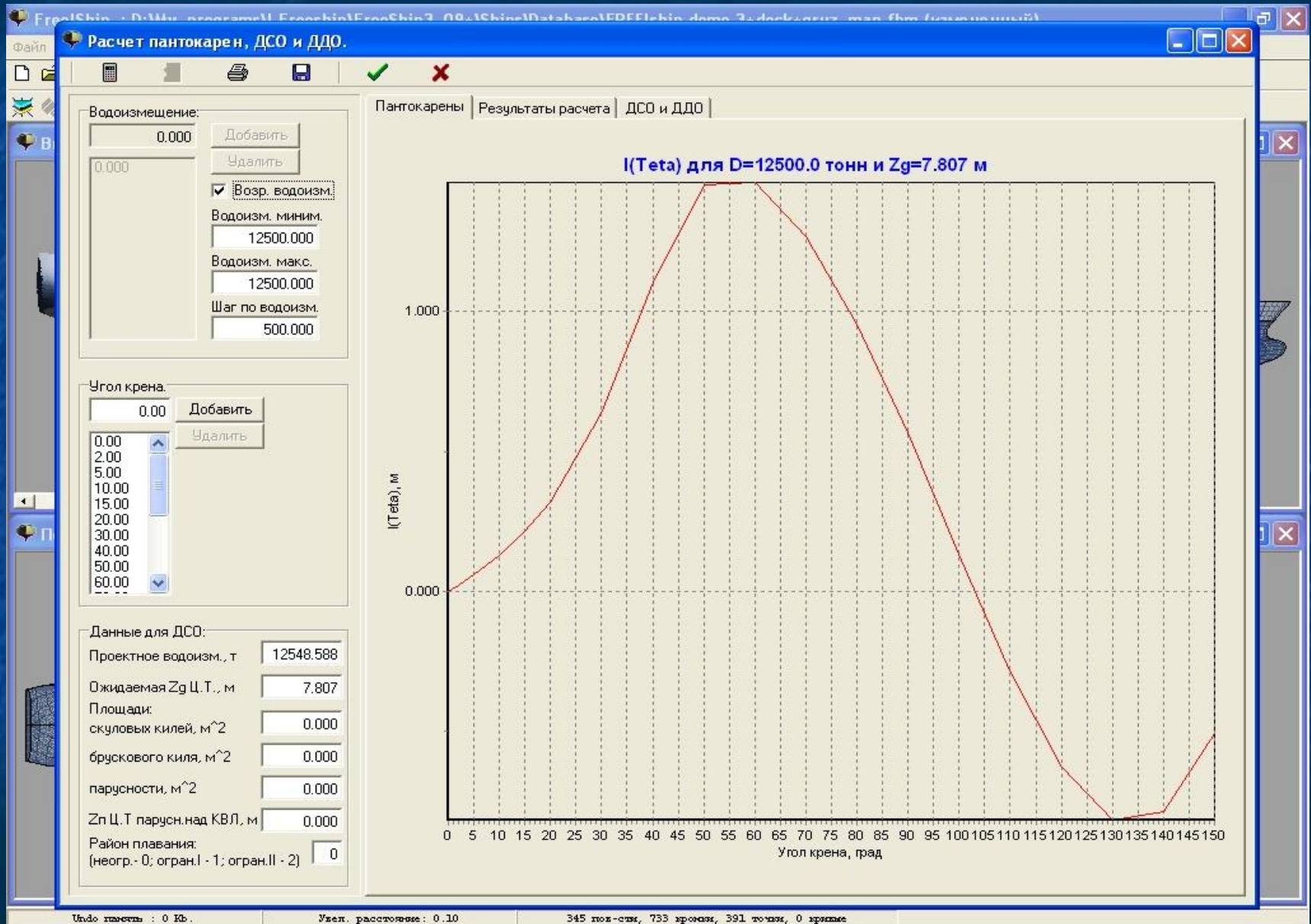
Слой	Площадь м <sup>2</sup>	Толщина мм	Масса тонн	COG X м	COG Y м	COG Z м
Layer 0	2157.5	100.000	1682.856	56.039	0.000	10.398
Layer 1	5686.5	100.000	4435.468	59.012	0.000	8.036
Слой 3	14.965	846.000	6330.264	59.577	0.000	6.999
Цистерна 1	2.000	500.000	100.000	50.500	0.188	5.250
Общее	7861.0		12548.588	58.831	0.001	7.807

Параметры посадки судна:

Приращение средней осадки : 0.000 м  
 Средняя осадка : 7.500 м  
 Начальная поперечная метацентрич. высота h<sub>0</sub> : 0.695 м  
 Начальная продольная метацентрич. высота Н<sub>0</sub> : 164.60 м  
 Угол крена Theta : 0.123 град  
 Угол дифферента Psi : 0.109 град

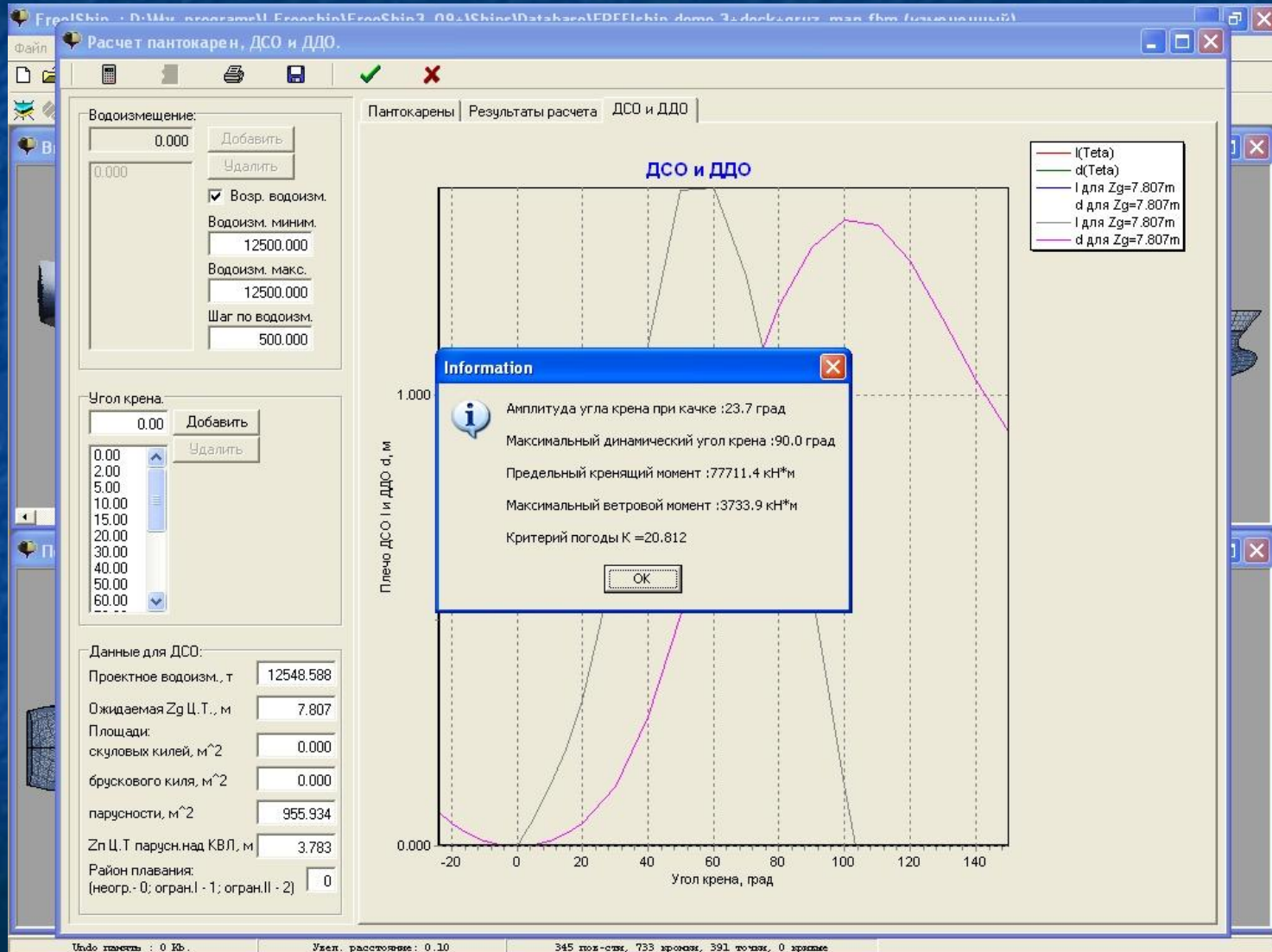
Undo гость : 0 Кб. Угол. расстояние : 0.10 345 пик-ств, 733 кроны, 391 точки, 0 зрские

# Расчет диаграммы статической остойчивости

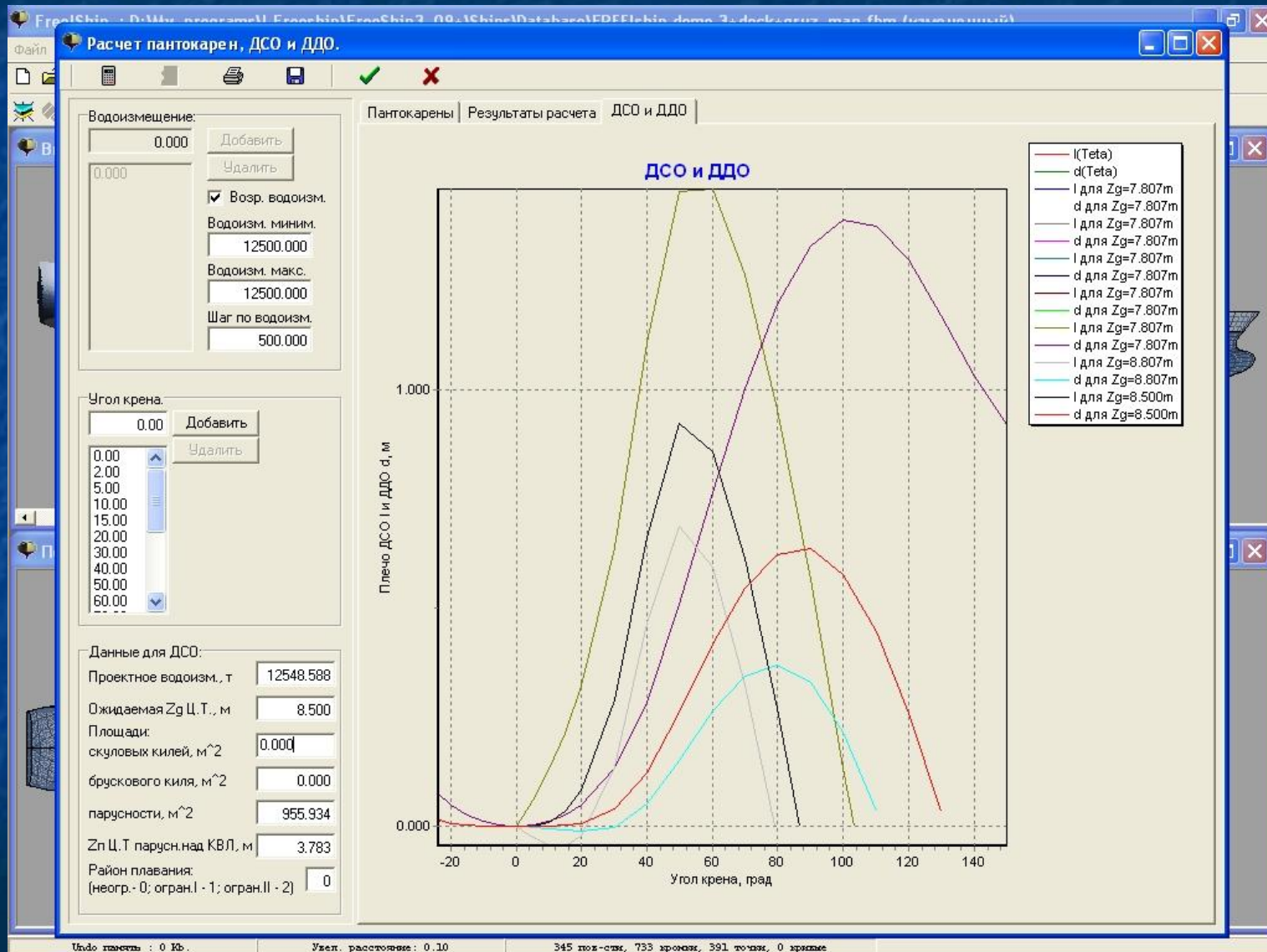




# Расчет диаграммы динамической остойчивости, амплитуды качки и критерия погоды K



# ДСО и ДДО при различных значениях $Z_g$ и определение предельного его значения



# Статистика скачиваний Free!ship Plus за октябрь 2009г

