

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ СУДОВ И ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСА FLOWVISION И ПРОГРАММЫ FREE!SHIP PLUS



НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА

Автор: Тимошенко В.Ф., к.т.н, доцент

Организация: НУК, Николаев, Украина

Контакты: vftim@rambler.ru

Москва, 6-9 апреля 2010г.

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.*

* нововведение

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 **Капера**;
- быстроходные круглоскулые катера – по диаграммам **Володина, Нордстрёма, 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** ;

* нововведение

Слайд №3
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Номенклатура расчетов гидродинамики Free!ship Plus



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

* нововведение

Слайд №4
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Новые серии и методы расчета



- водоизмещающие катамараны и тримараны *
- небольшие водоизмещающие суда (типа траулеры и буксиры) – по методу van Oortmerssen -1971 *
- военные корабли и суда с транцевой кормой – по методу Fung-Leibman -1995 *
- глиссеры – по методам Седова-Перельмутра и Савитского *
- глиссеры – по методам Клемента-Поупа -1961 * и Клемента-Блаунта - 1963 *
- глиссеры и в переходном режиме плавания по методу М.Бунькова *

* нововведение

Слайд №5
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

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 – Трооста, Мишкевича, Титова, Зава-довского и др.)
- Расчет элементов движителя для заданного двигателя
- Расчет паспортной диаграммы (диаграммы ходкости)
- Расчет 3-лопастных гребных винтов быстроходных судов (свыше 25 узл) серии СК-3 ($A_e/A_o=0.65, 0.80, 0.95, 1.10$) *
- Расчет характеристик и выбор количества водометов фирмы Hamilton WaterJet *

* нововведение

Слайд №6
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Другие расчеты по гидродинамике судов

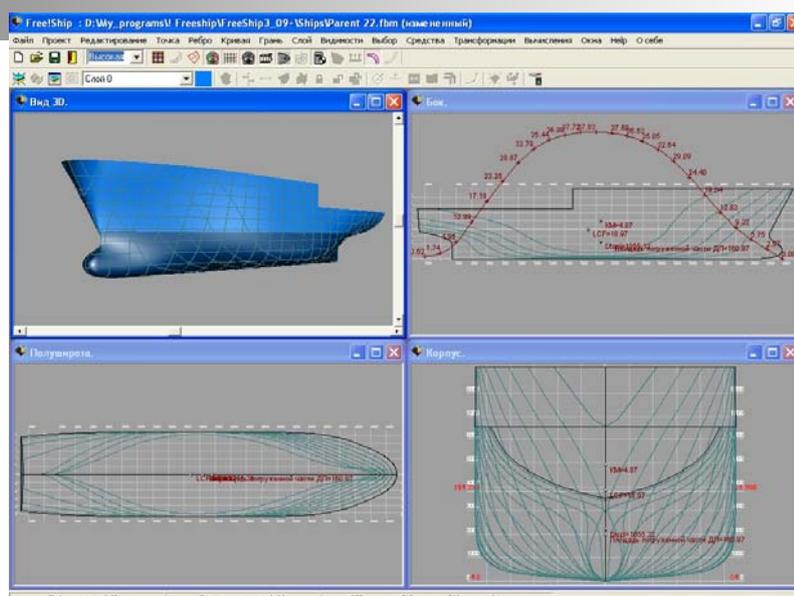


- Расчет присоединенных масс корпуса - CFD методом (моделирование поверхности **источниками-стоками**) и методом **эквивалентного эллипсоида** *
- Расчет аэродинамических характеристик надводной части корпуса (15 типов судов) с использованием **регрессионного анализа** экспериментальных данных **Ишервуда** 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)

* нововведение

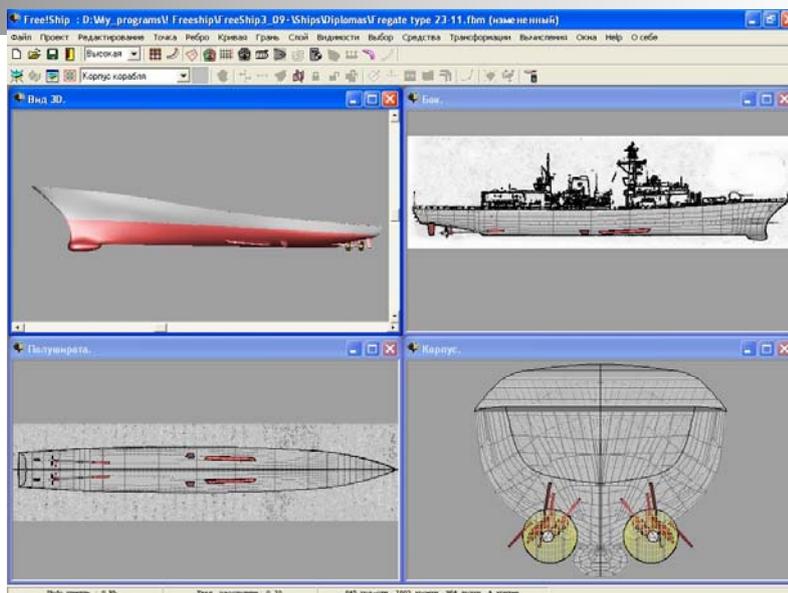
Слайд №7
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Траулер L=48м В=11м Т=3,8м



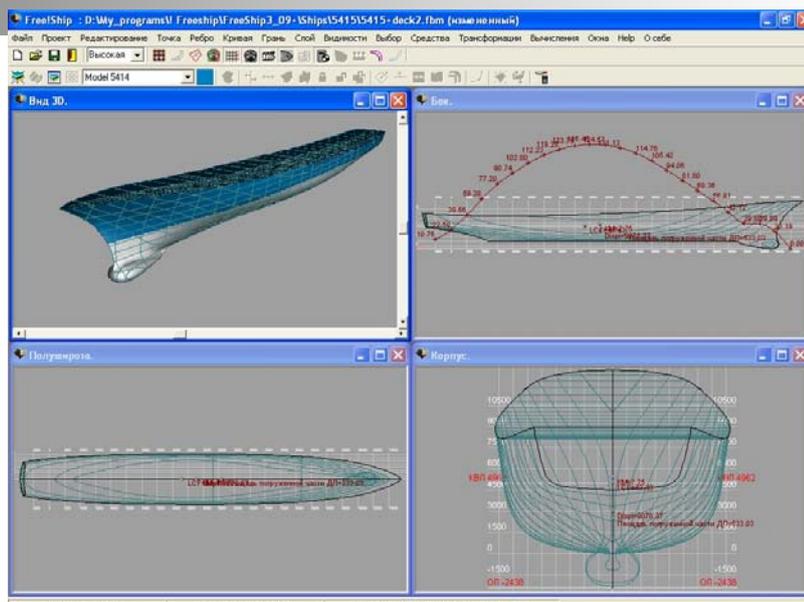
Слайд №8
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Фрегат типа 23-11

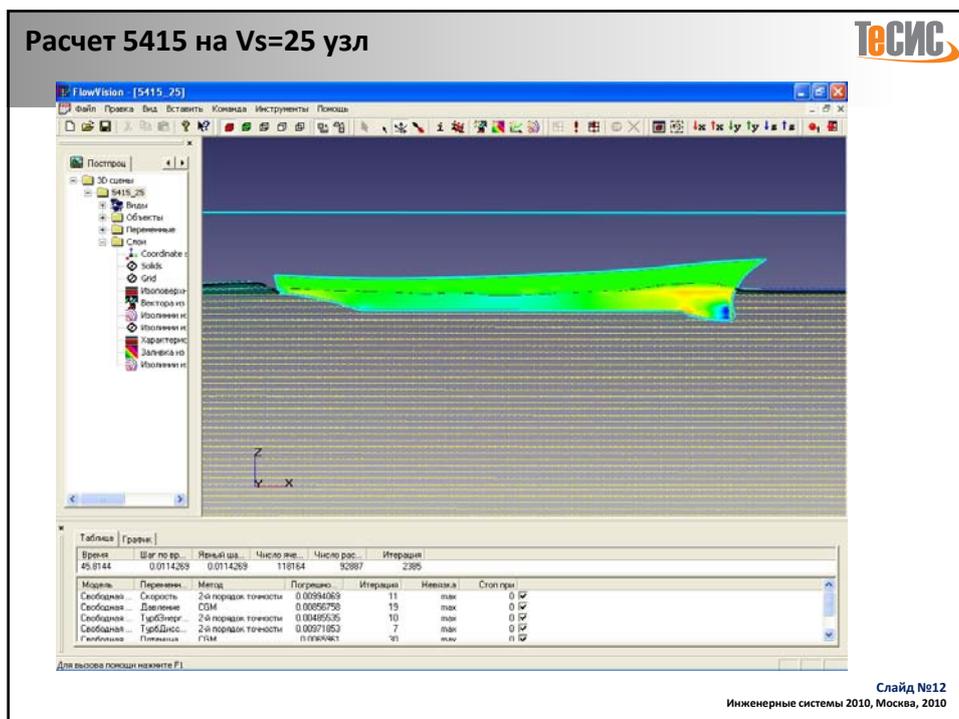
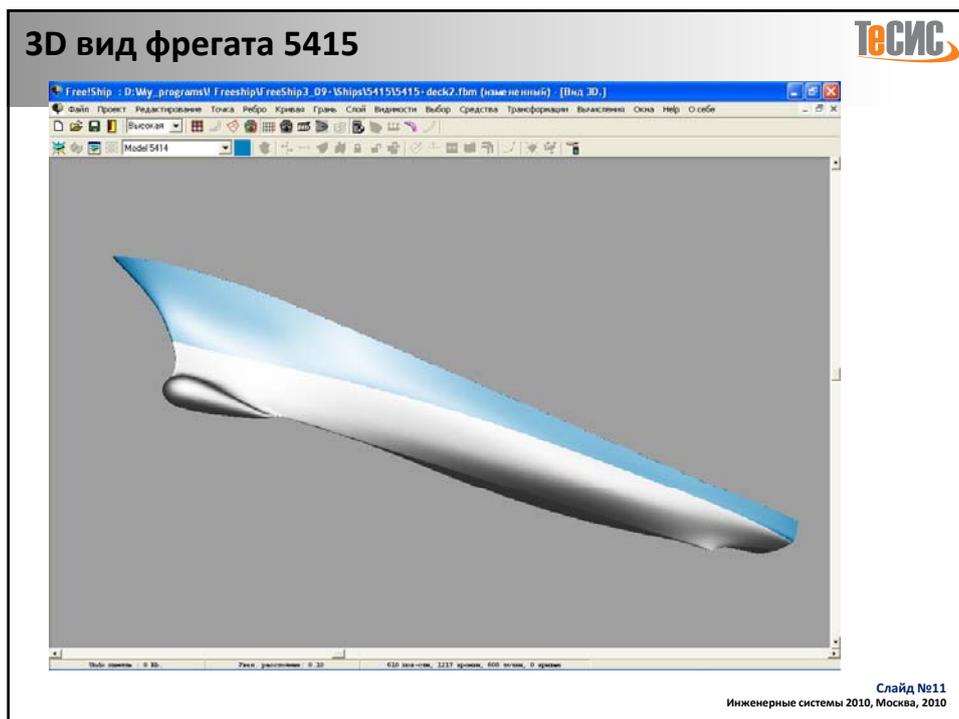


Слайд №9
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

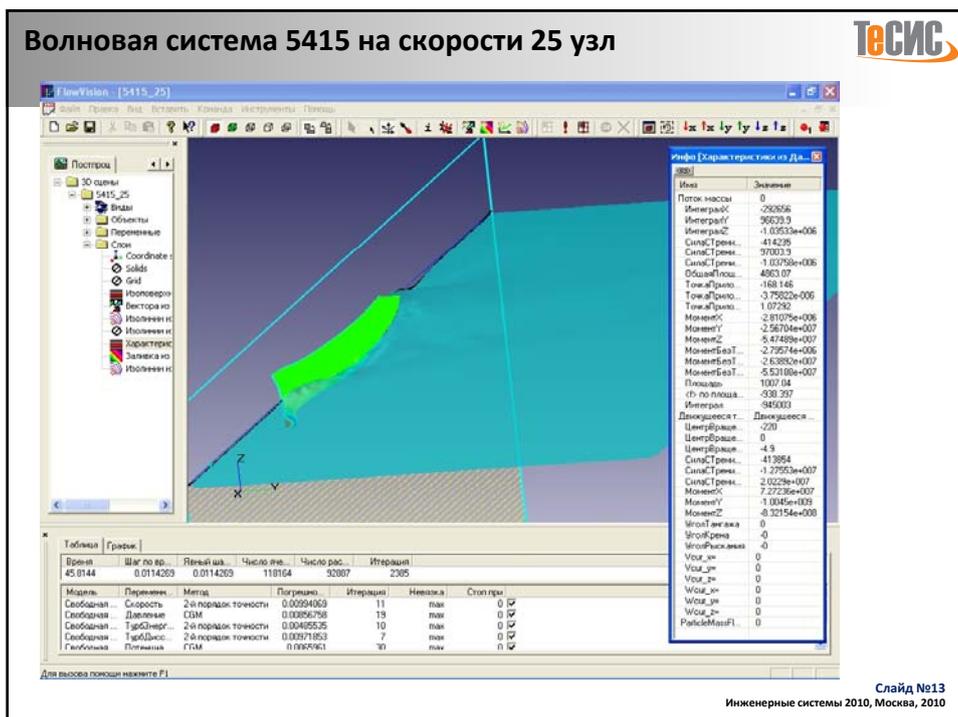
Фрегат типа 5415



Слайд №10
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

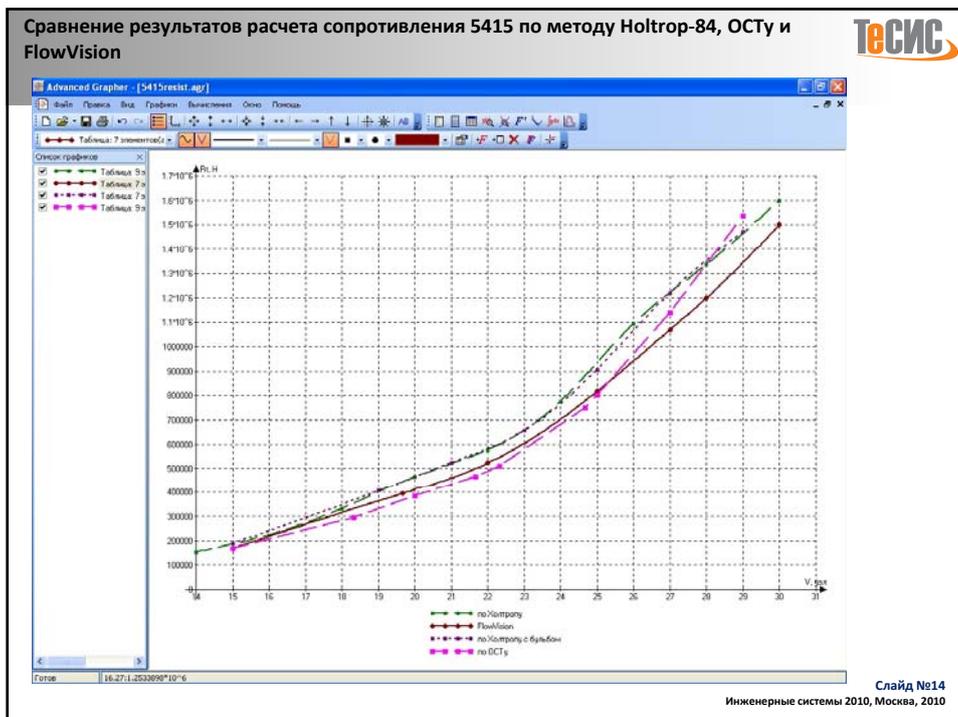


Волновая система 5415 на скорости 25 узл



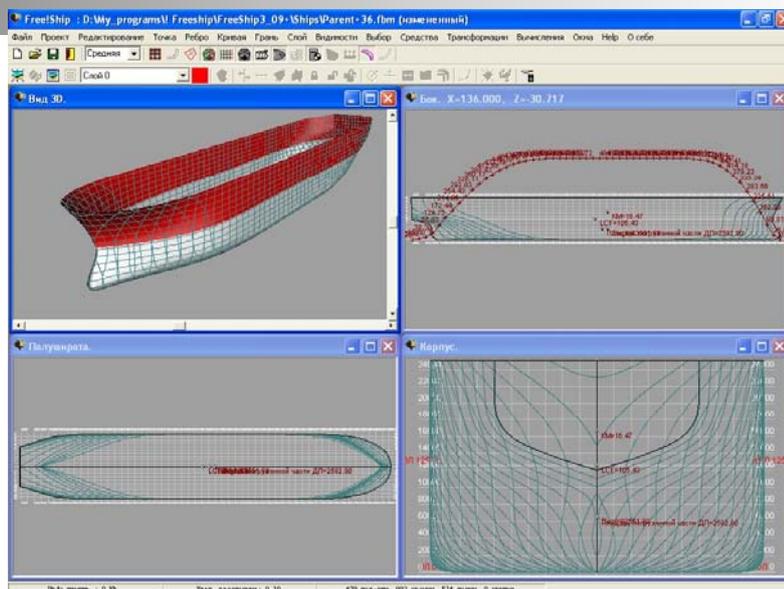
Слайд №13
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Сравнение результатов расчета сопротивления 5415 по методу Holtrop-84, ОСТу и FlowVision



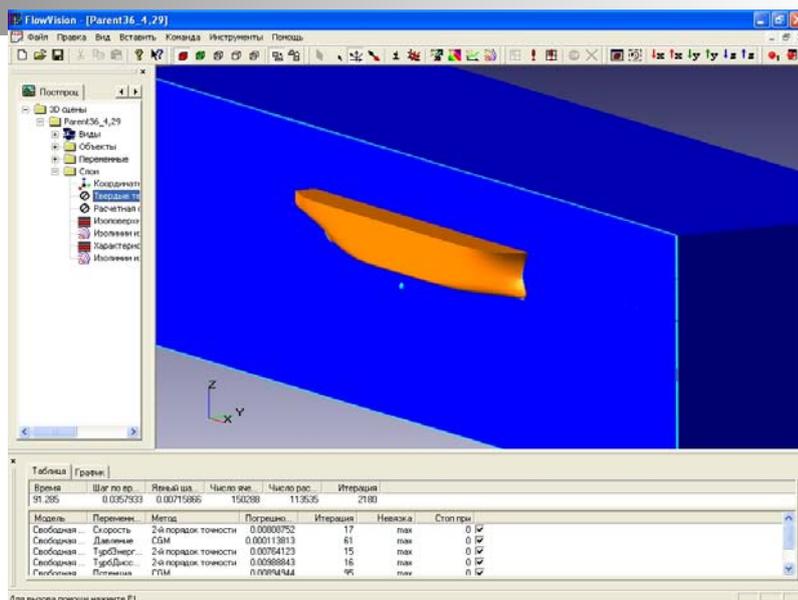
Слайд №14
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Контейнеровоз Parent-36.fbm



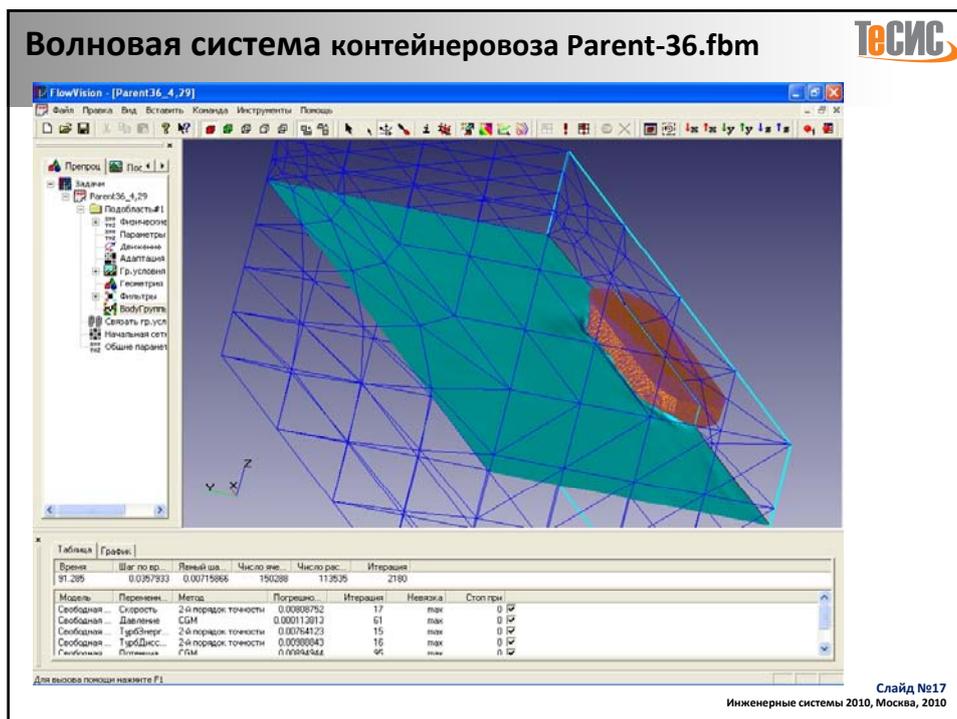
Слайд №15
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Контейнеровоз Parent-36.fbm в FlowVision



Слайд №16
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

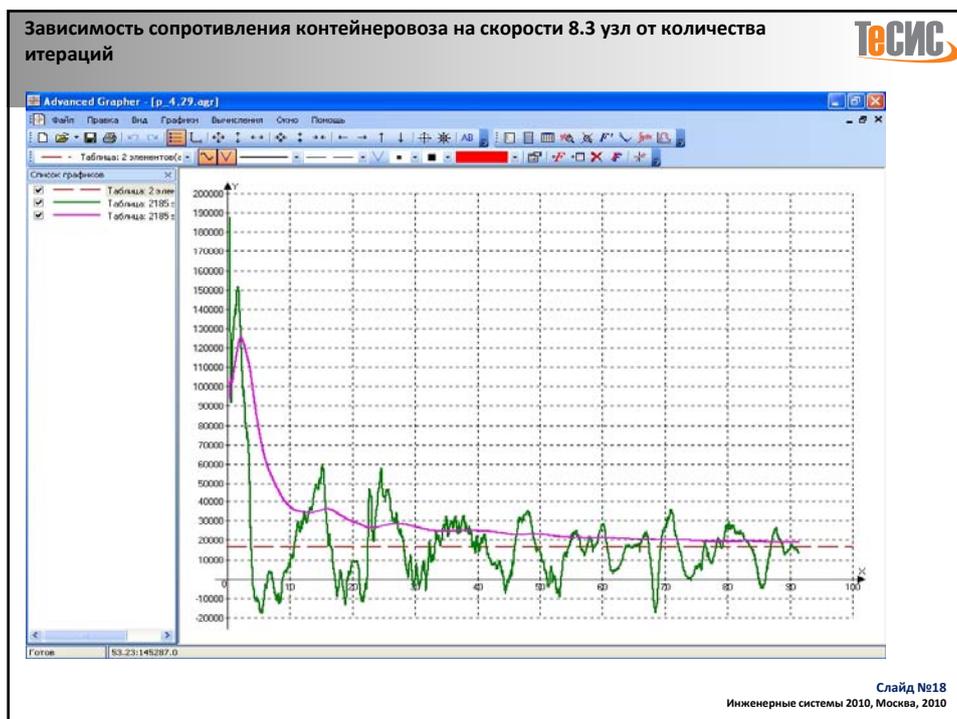
Волновая система контейнеровоза Parent-36.fbm



Слайд №17

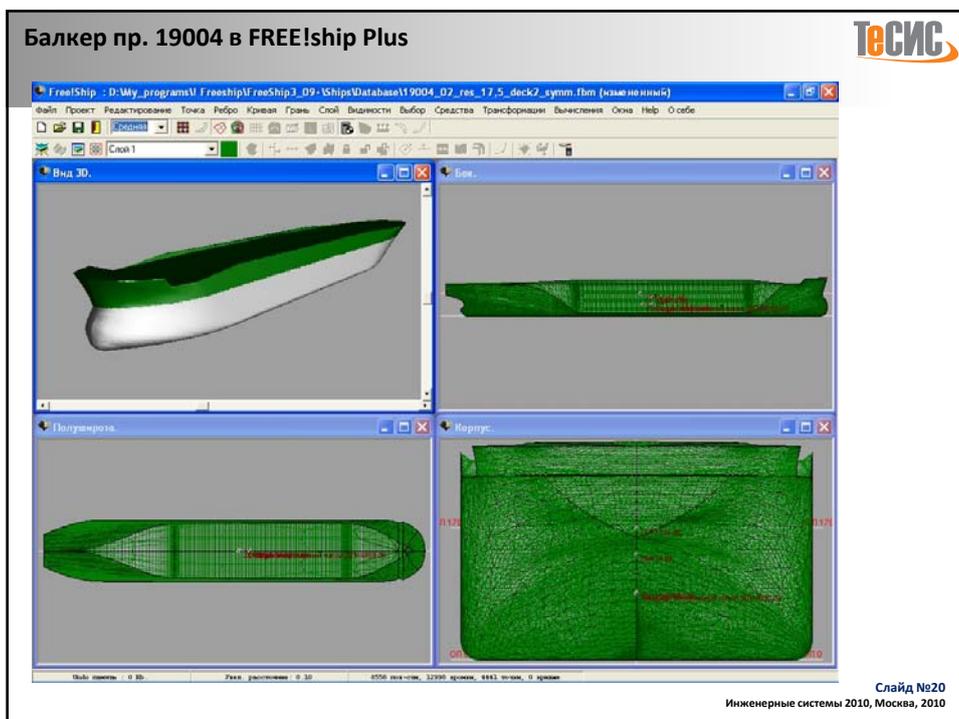
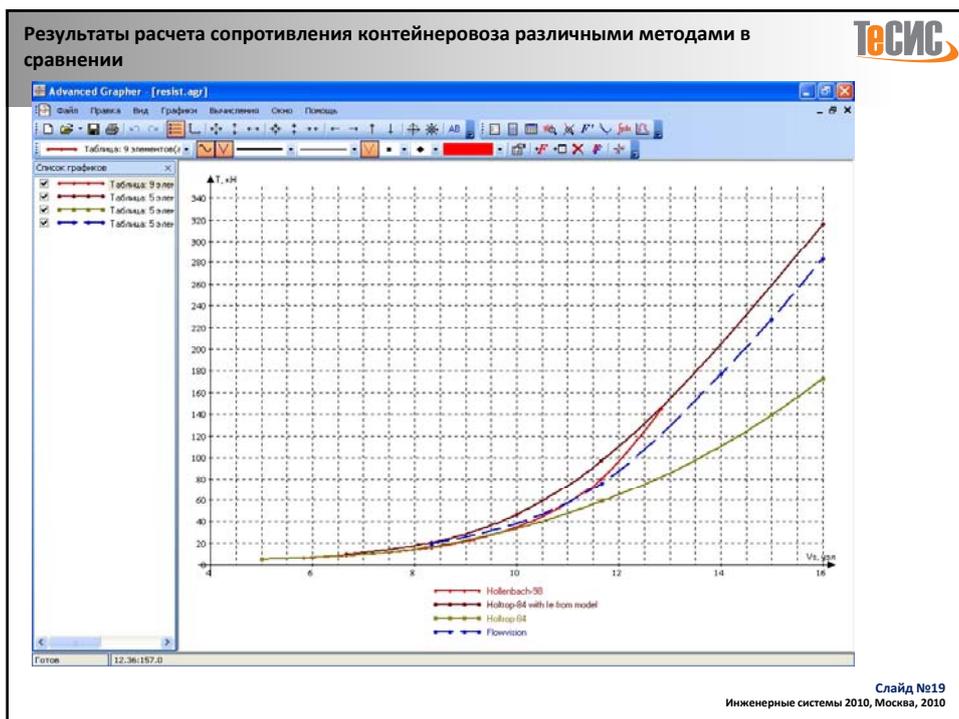
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Зависимость сопротивления контейнеровоза на скорости 8.3 узл от количества итераций

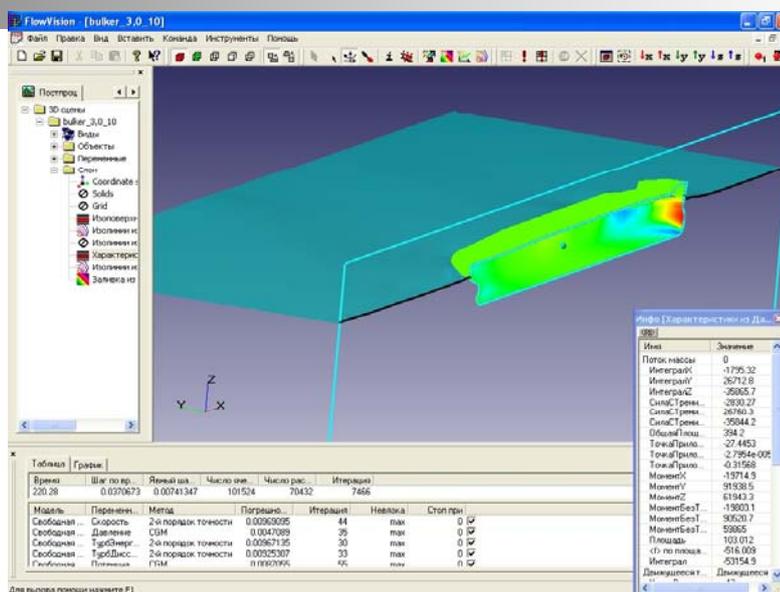


Слайд №18

Инженерные системы 2010, Москва, 2010

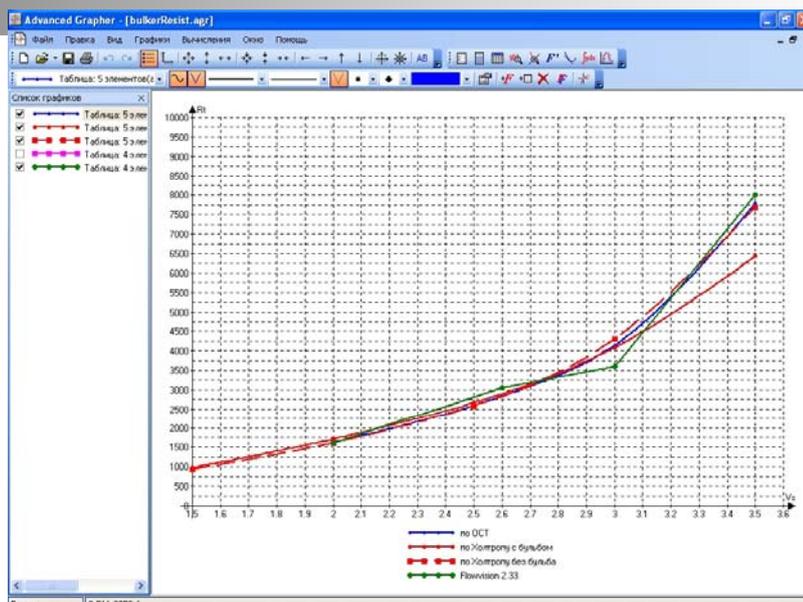


Балкер пр. 19004 в FlowVision



Слайд №21
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Результаты расчета сопротивления балкера различными методами в сравнении



Слайд №22
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Проект FS_demo2 в FREE!ship Plus

The screenshot displays the FREE!ship Plus software interface. The main window shows a 3D perspective view of a ship hull model. To the right, there are two panels: 'Блок' (Block) showing a cross-section of the hull with various data points and curves, and 'Полупланы' (Half-planes) showing a side view of the hull. Below these, there are two more panels: 'Полупланы' (Half-planes) showing a bottom view of the hull, and 'Нормус' (Normus) showing a detailed view of the hull's internal structure or a specific section. The interface includes a menu bar at the top and a toolbar with various icons for editing and viewing.

Слайд №23
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Проект FS_demo2 в FlowVision

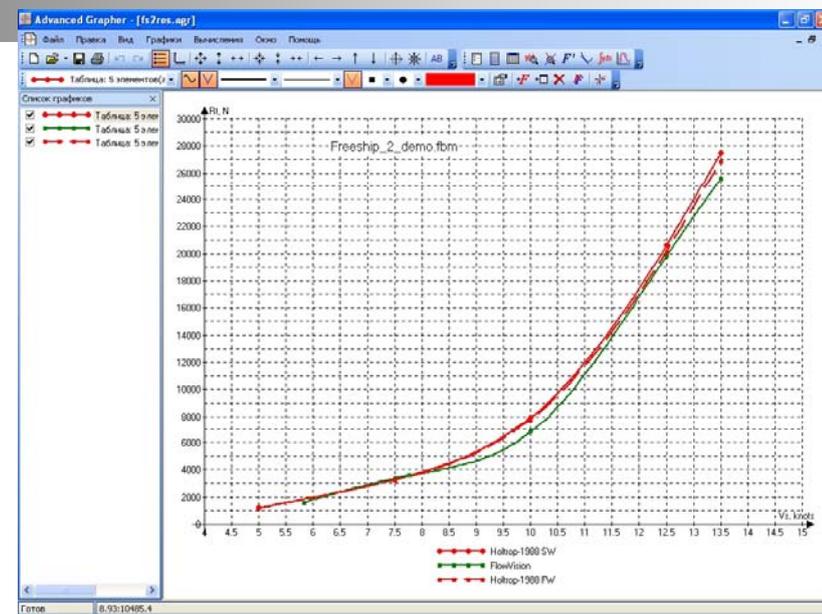
The screenshot displays the FlowVision software interface. The main window shows a 3D model of a ship hull with a color-coded velocity field overlaid on it. The color scale ranges from blue (low velocity) to red (high velocity). The interface includes a menu bar at the top and a toolbar. On the left, there is a 'Построй' (Build) panel with a tree view of the simulation setup. On the right, there is a 'Таблица' (Table) panel showing simulation results. Below the main window, there is a 'Таблица' (Table) panel with the following data:

Время	Шаг по времени	Итераций шаг	Число ячеек	Число ячеек рас.	Итерации
17.5326	0.0137269	0.00274578	14.9536	106727	997

Для вывода позиции нажмите F1

Слайд №24
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

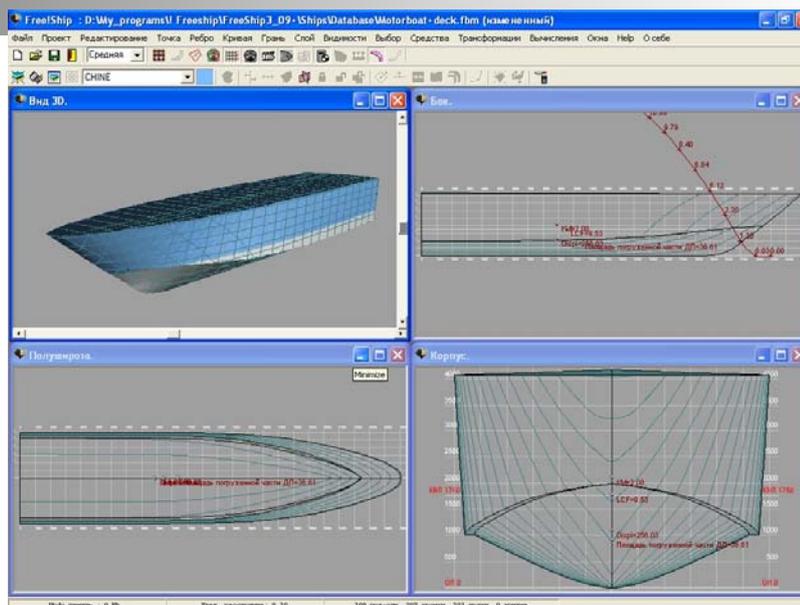
Результаты расчета сопротивления FSdemo2 в сравнении



Слайд №25

Инженерные системы 2010, Москва, 2010

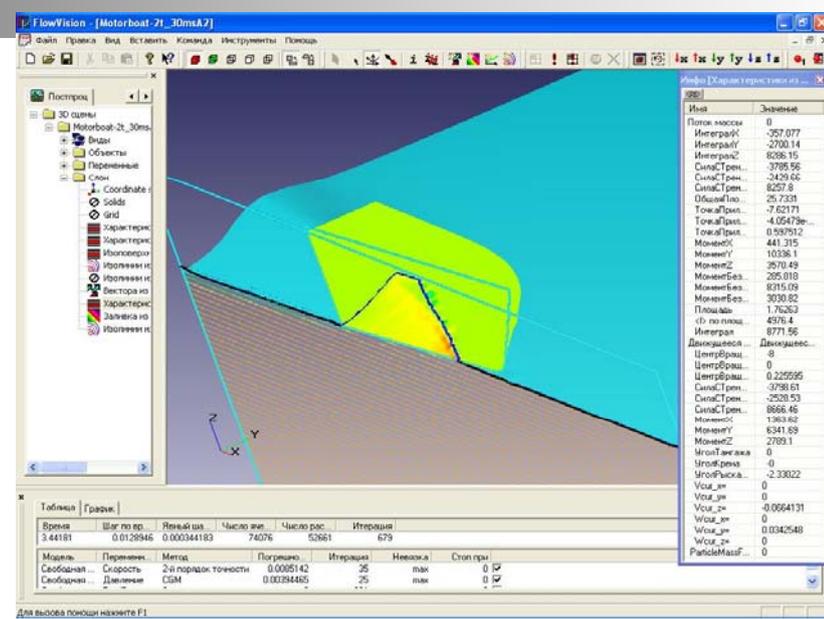
Модель круглокилеватого реданного глиссера в FREE!ship Plus



Слайд №26

Инженерные системы 2010, Москва, 2010

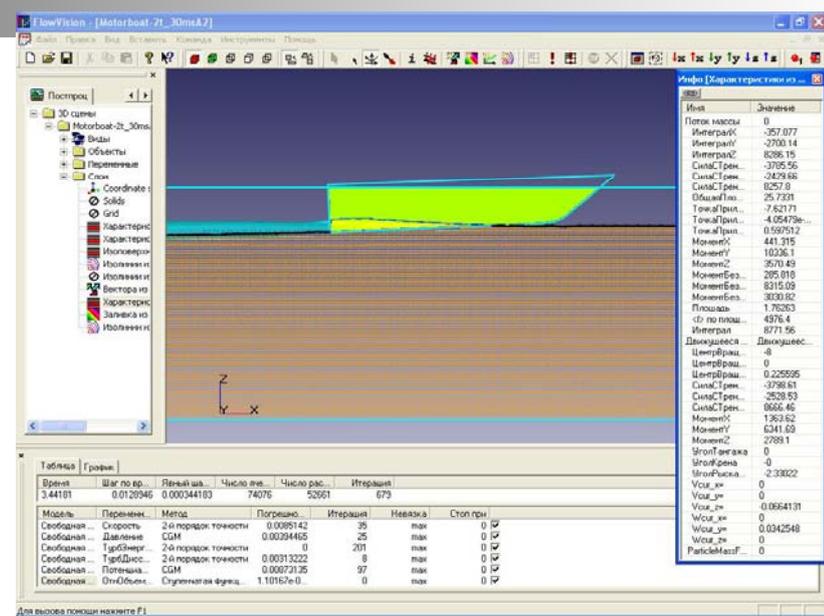
Волновая картина при скорости 30 м/с (D = 2 тонн)



Слайд №27

Инженерные системы 2010, Москва, 2010

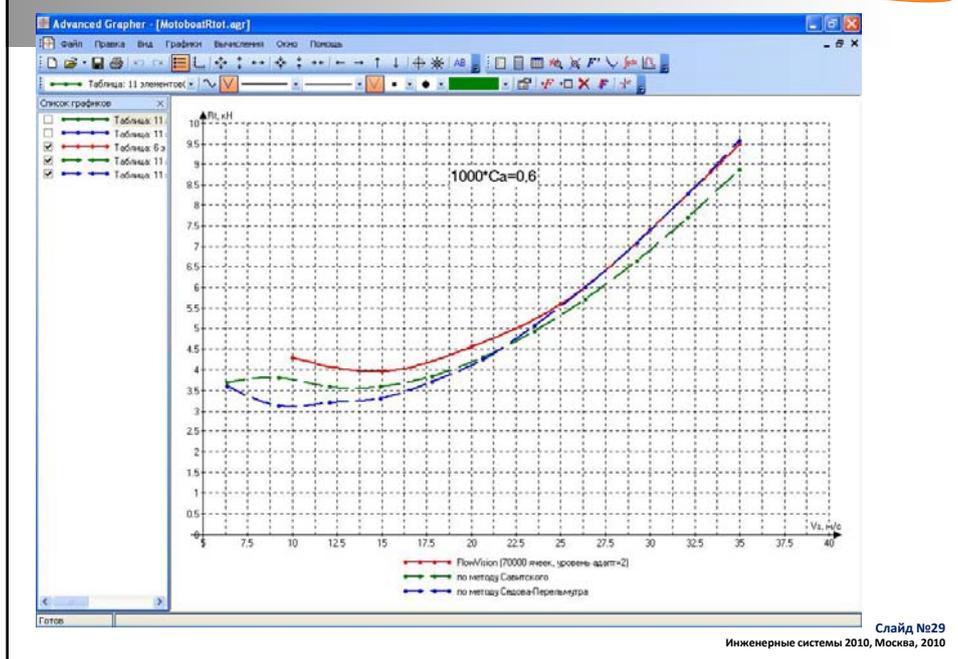
Результаты моделирования глиссера при скорости 30 м/с



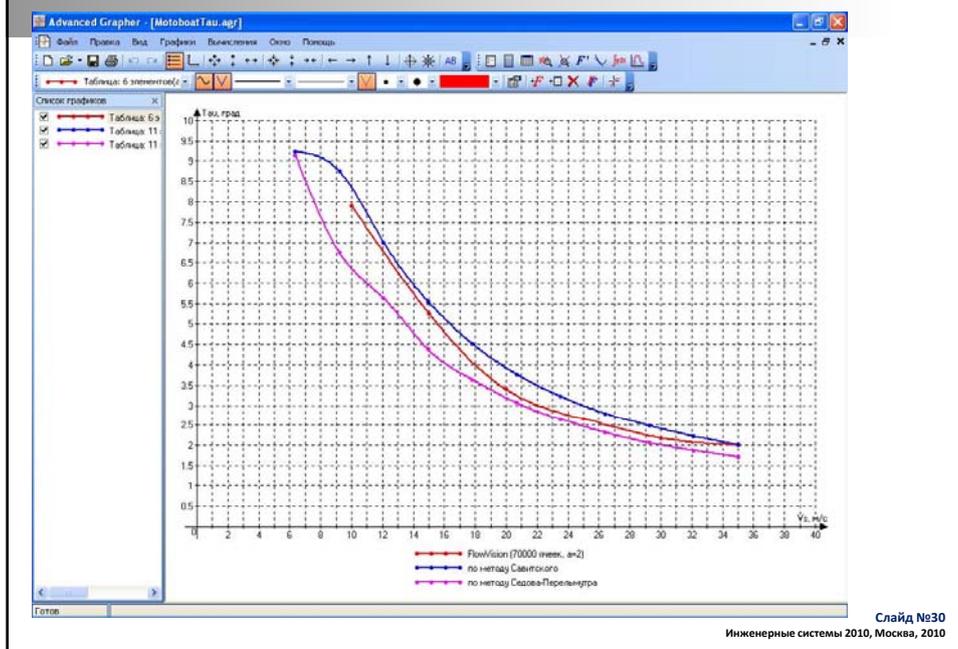
Слайд №28

Инженерные системы 2010, Москва, 2010

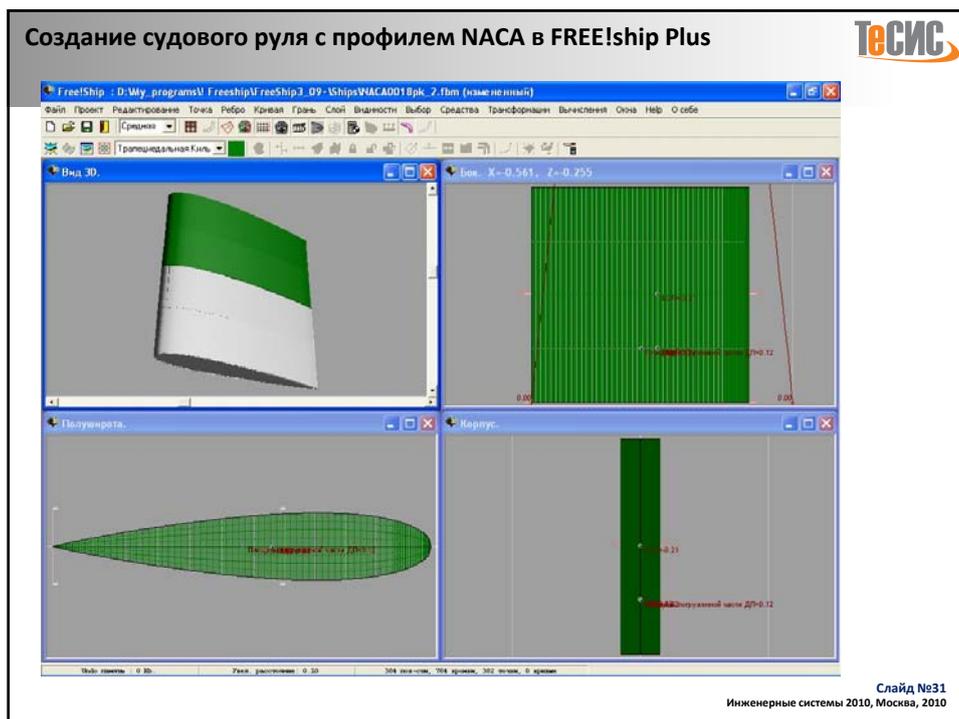
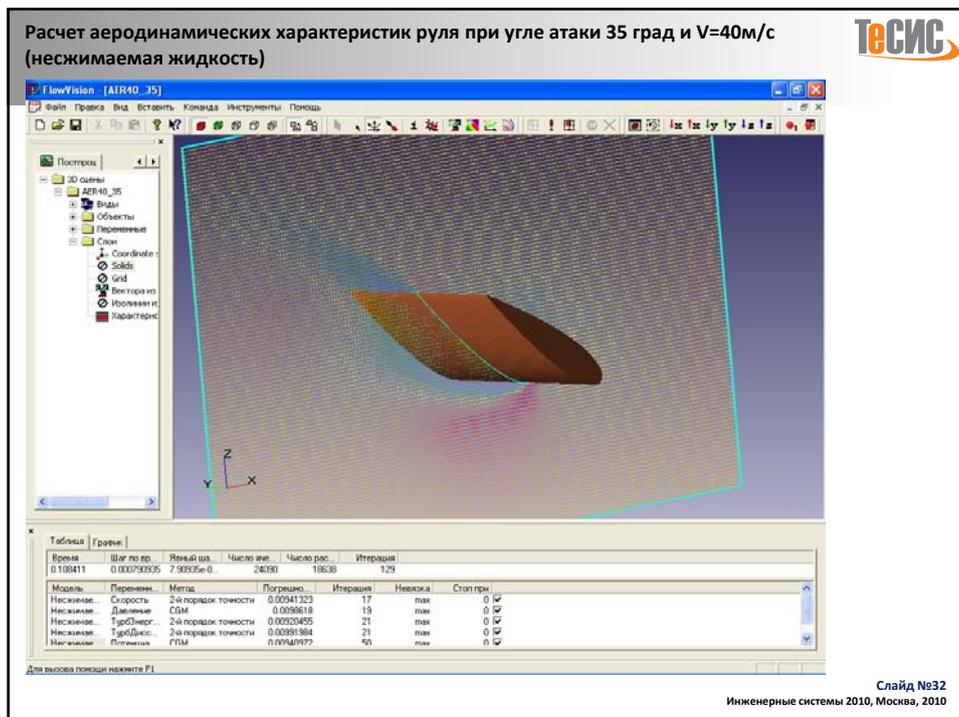
Сравнение результатов расчета сопротивления глссера

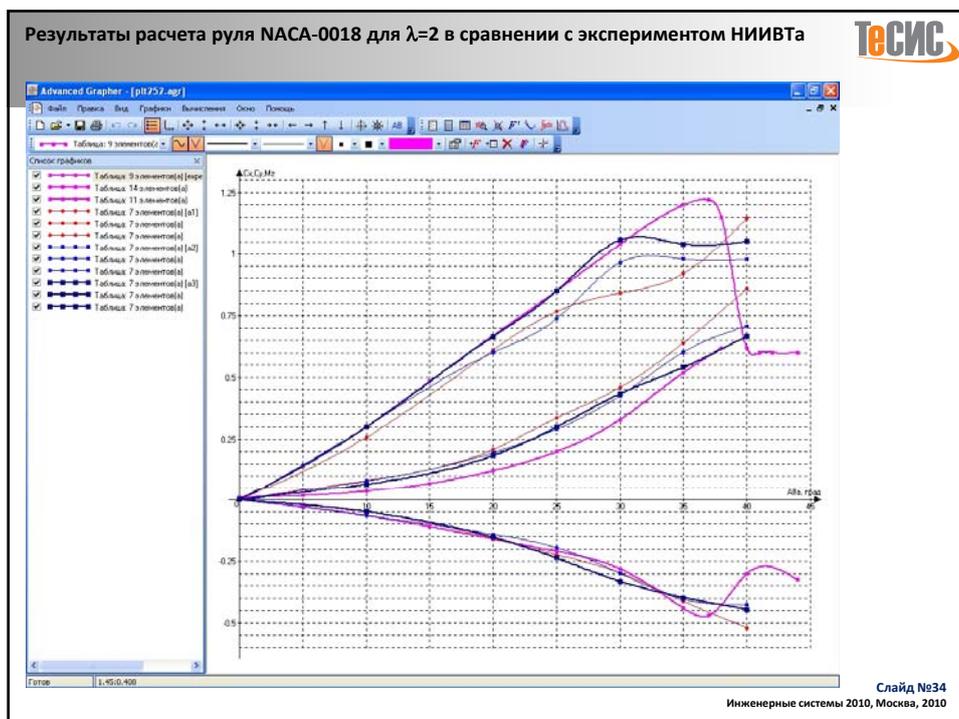
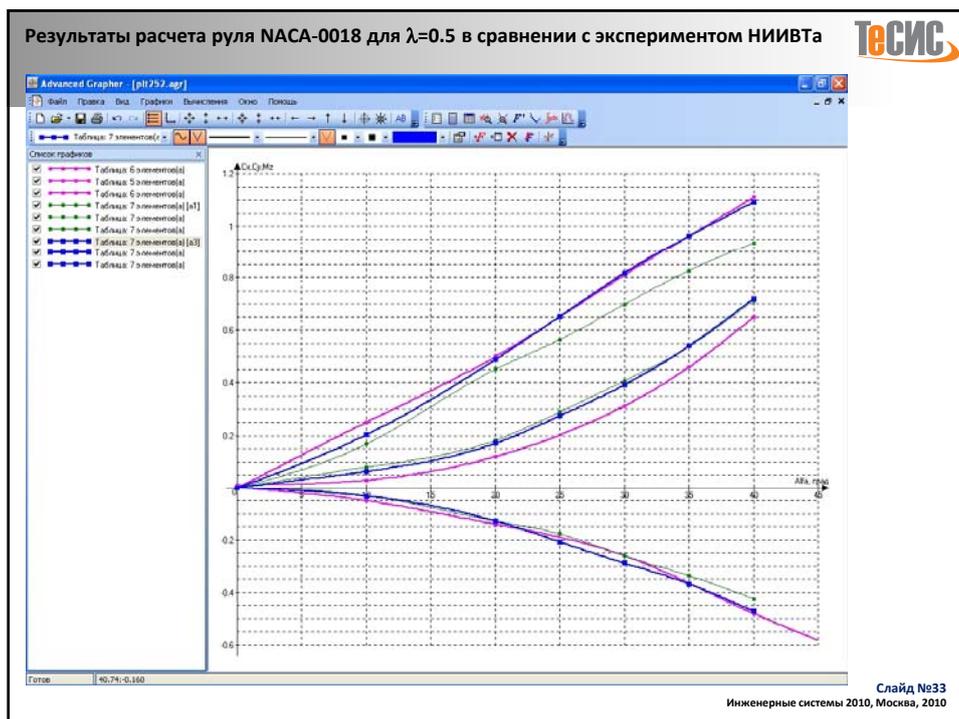


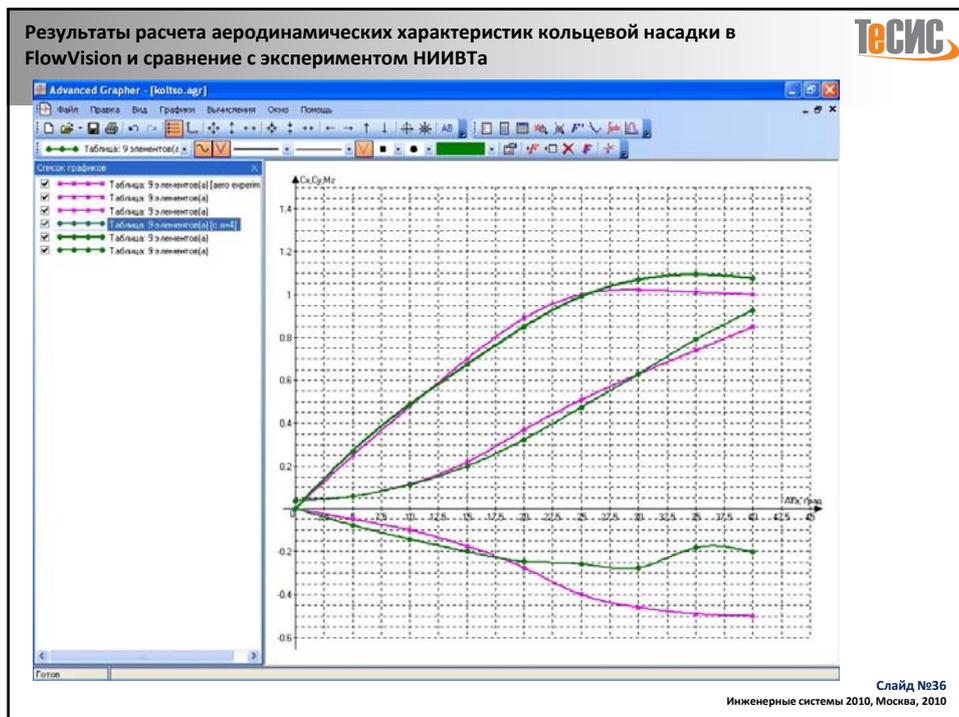
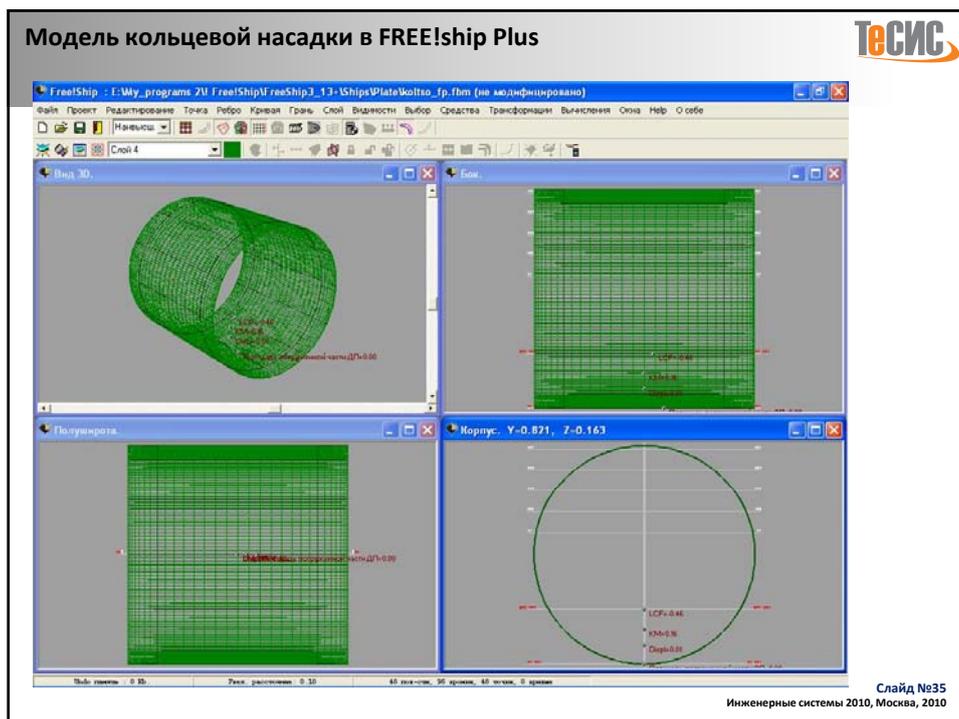
Сравнение результатов расчета угла ходового дифферента глссера



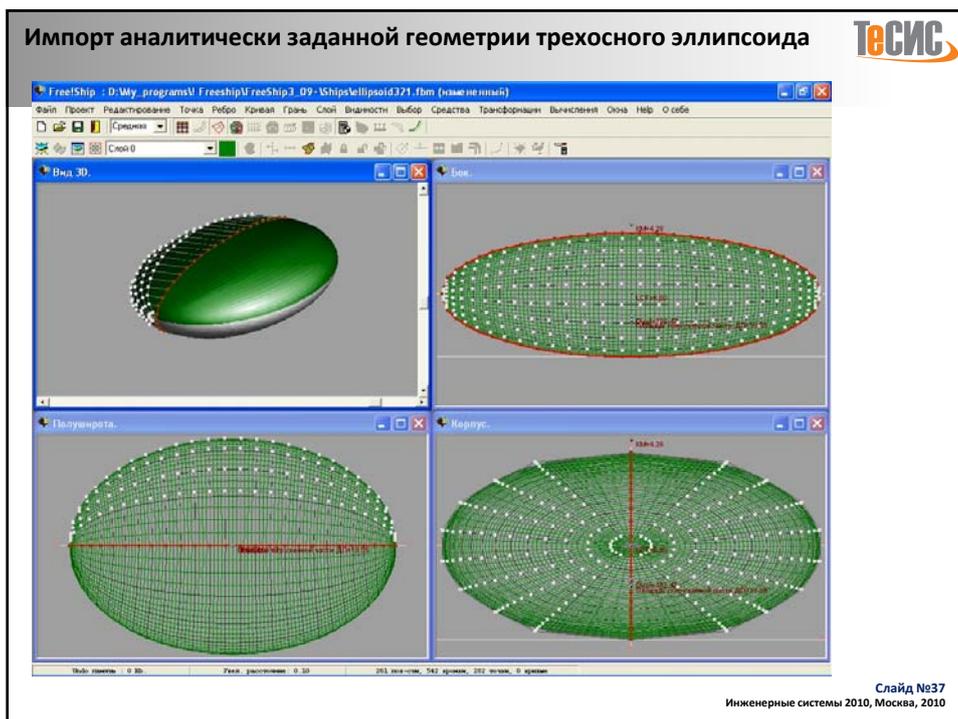
Создание судового руля с профилем NACA в FREEship Plus

Расчет аэродинамических характеристик руля при угле атаки 35 град и $V=40\text{м/с}$ (несжимаемая жидкость)



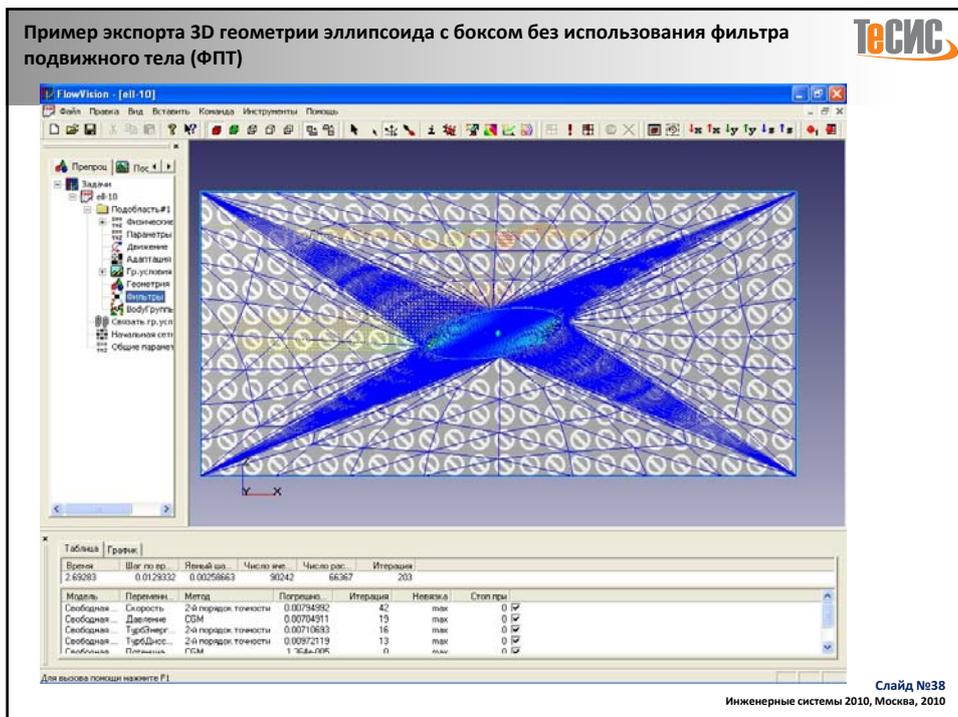


Импорт аналитически заданной геометрии трехосного эллипсоида



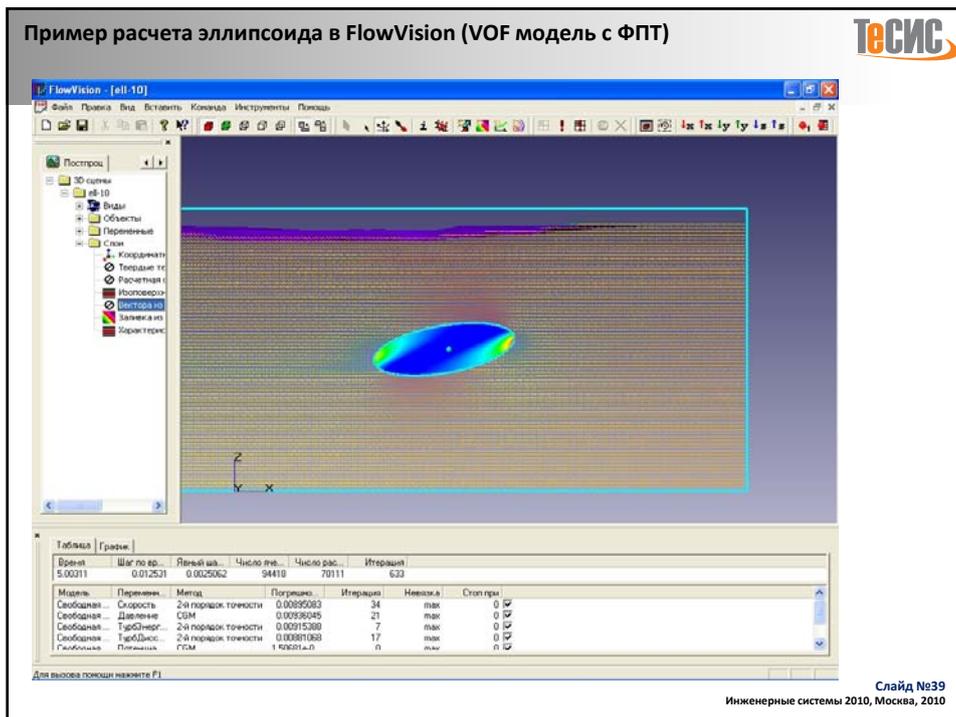
Слайд №37
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Пример экспорта 3D геометрии эллипсоида с боксом без использования фильтра подвижного тела (ФПТ)



Слайд №38
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

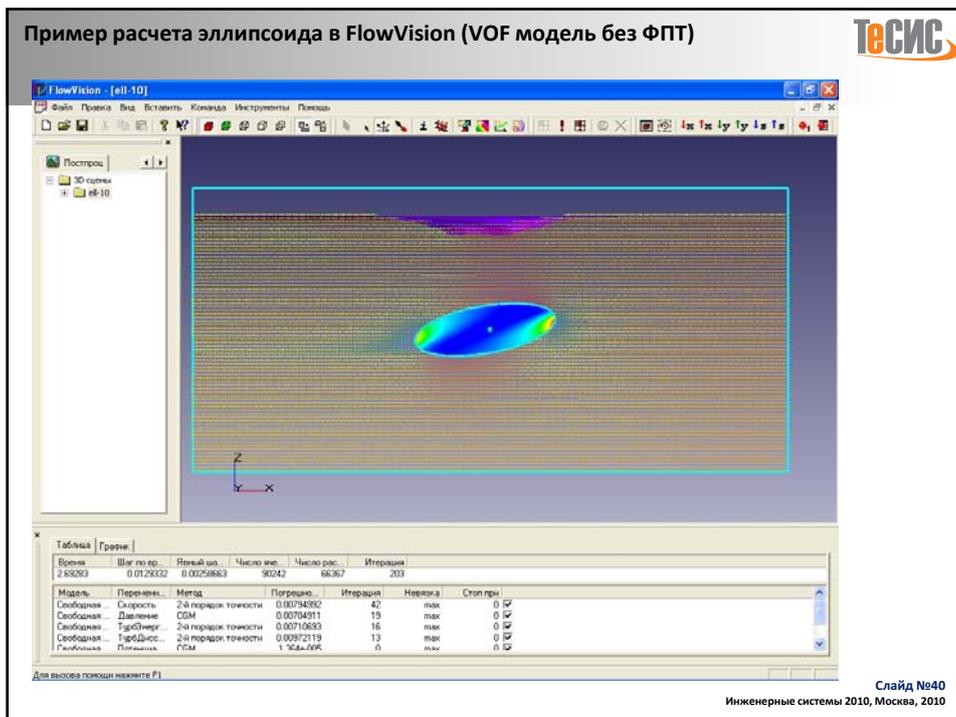
Пример расчета эллипсоида в FlowVision (VOF модель с ФПТ)



Слайд №39

Инженерные системы 2010, Москва, 2010

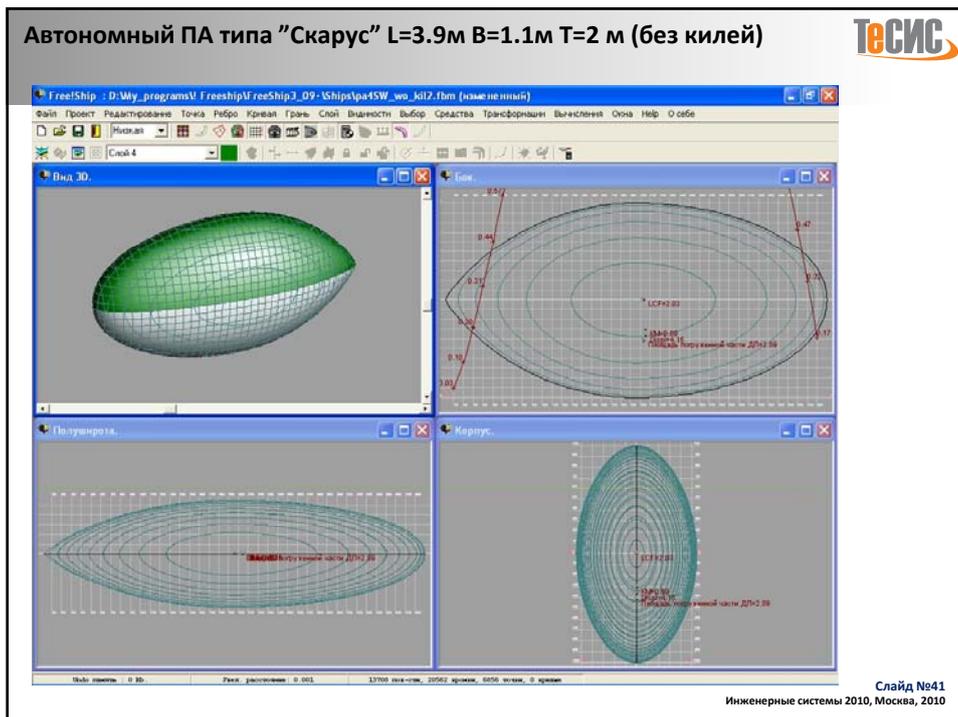
Пример расчета эллипсоида в FlowVision (VOF модель без ФПТ)



Слайд №40

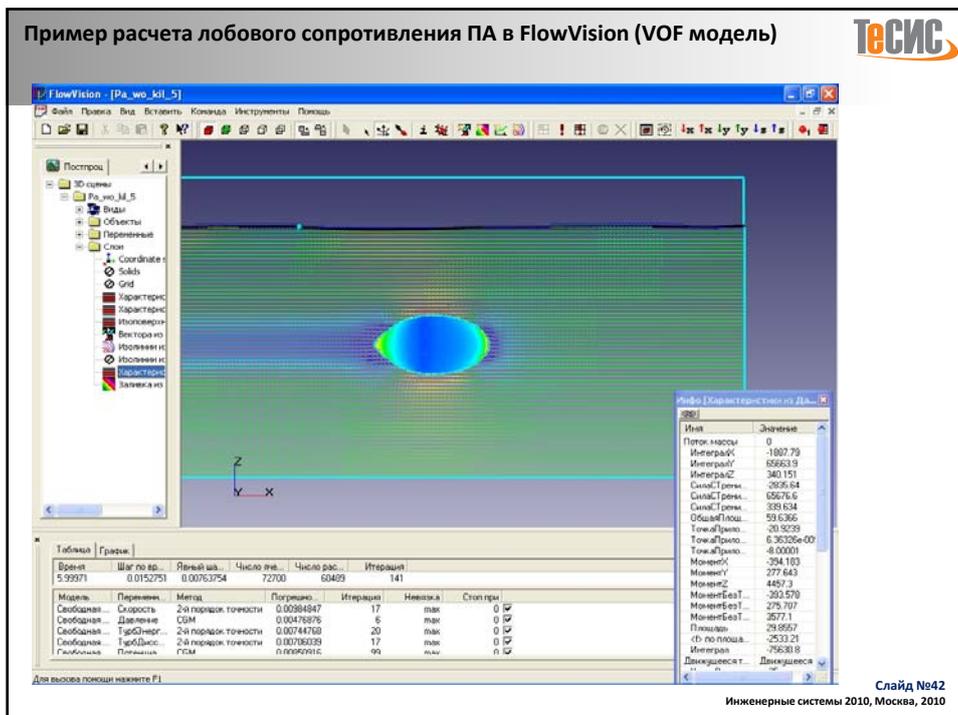
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Автономный ПА типа "Скарус" L=3.9м В=1.1м Т=2 м (без килей)

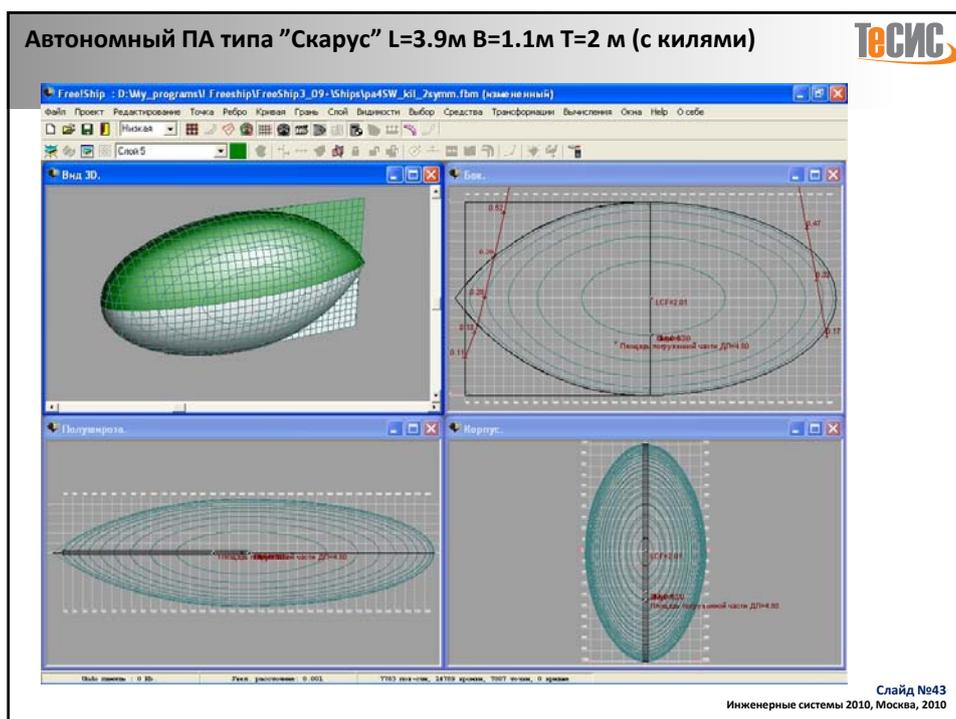


Слайд №41
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Пример расчета лобового сопротивления ПА в FlowVision (VOF модель)



Слайд №42
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

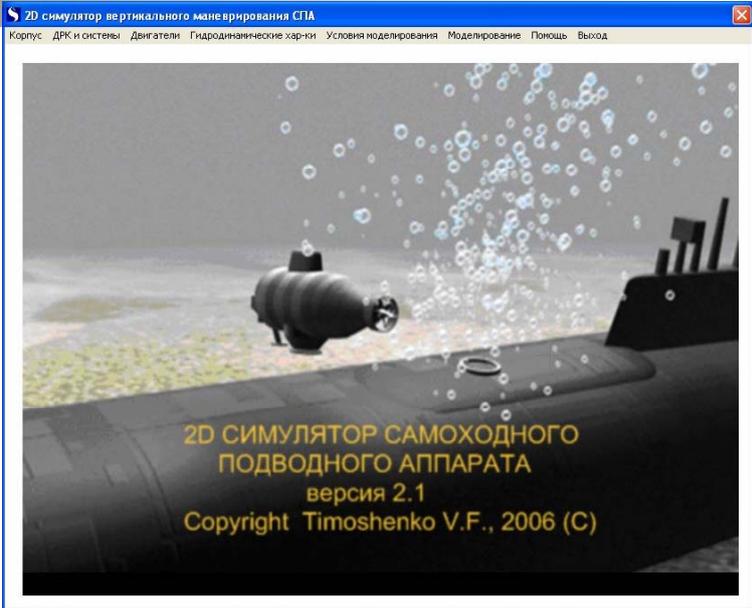


Симулятор самоходного автономного подводного аппарата

- При проектировании самоходных автономных подводных аппаратов (АПА), которые могут выполнять “сильные” маневры, необходимо использовать симуляторы, реализующие гидродинамическую модель функционирования АПА.
- Симулятор самоходного автономного подводного аппарата предназначен для определения на начальных стадиях проектирования геометрических, кинематических и динамических характеристик АПА и устройств управления ими.

Слайд №44
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

2D симулятор автономного самоходного подводного аппарата 



Слайд №45
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Возможности симулятора самоходного автономного ПА 

- Определять параметры движения под действием маршевых движителей, подруливающих устройств, вертикальных и горизонтальных рулей, дифферентной системы и системы изменения плавучести.
- Изучать действие различных факторов на параметры управляемости ПА в вертикальной и горизонтальной плоскости.
- Подбирать оптимальные характеристики средств управления ПА.
- Определять энергетические потребности и их минимизировать при выполнении различных маневров и задач.

Слайд №46
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Входные данные по маршевым движителям для симулятора АПА



Геометрические и кинематические характеристики маршевых ГВ

Проект: arg

Диаметр ГВ, м	Dp = 0.251
Дисквое отношение	A/Ad = 0.35
Шаговое отношение	H/Dp = 0.9
Аппликата оси верхнего ГВ, м	Zb = -0.75
Частота вращения верхнего ГВ, об/с	Nb = 5
Аппликата оси нижнего ГВ, м	Zn = 0.75
Частота вращения нижнего ГВ, об/с	Nn = 5

2D СИМУЛЯТОР САМОХОДНОГО
ПОДВОДНОГО АППАРАТА
версия 2.1
Copyright Timoshenko V.F.

Гидродинамические характеристики маршевого движителя

Проект: arg

Jp	1.00000E-04	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
K1	0.405	0.36	0.32	0.272	0.222	0.18
K2	0.032	0.0305	0.029	0.0273	0.0255	0.023
Jp	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
K1	0.136	0.09	0.035	-0.035	-0.08	
K2	0.0196	0.016	0.01	4.00000E-03	-3.5000E-03	

2D СИМУЛЯТОР САМОХОДНОГО
ПОДВОДНОГО АППАРАТА
версия 2.1
Copyright Timoshenko V.F., 2006 (C)

Слайд №47
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Входные данные по характеристикам ПУ, ДС и системы изменения плавучести АПА



Характеристики подруливающих устройств

Проект: arg

Начальная тяга носового ПУ, Н	Dp = 0
Абсцисса носового ПУ, м	A/Ad = -1.53
Скорость смещения в ДС, м/с	H/Dp = 0
Начальная тяга кормового ПУ, Н	Dp = 0
Абсцисса кормового ПУ, м	A/Ad = 1.53
Скорость смещения в ДС, м/с	H/Dp = 0

Характеристики дифферентной системы

Проект: arg

Объем плавучести ДС, м ³	v = 30
Плечо смещения ДС, м	l = 0.75
Скорость смещения в ДС, м/с	v = 0.26

Характеристики системы изменения плавучести

Проект: arg

Абсцисса точки приложения избыточной силы, м	x = 0.25
Скорость изменения избыточной силы, Н/с	Q = 1

Слайд №48
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

ТесИС

Гидродинамические позиционные и вращательные характеристики корпуса АПА

Гидродинамические позиционные характеристики корпуса ПА

Проект: арг

α	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
C_x	0.21	0.205	0.185	0.14	0.13	0.095	0.05	-0.01	-0.07	-0.115
C_y	0	0.125	0.215	0.3	0.405	0.49	0.6	0.57	0.535	0.54
C_m	0	0.025	0.05	0.09	0.11	0.11	0.075	0.065	0.025	-0.01
α	100	110	120	130	140	150	160	170	180	
C_x	-0.14	-0.17	-0.14	-0.16	-0.185	-0.205	-0.22	-0.245	-0.275	
C_y	0.54	0.49	0.41	0.39	0.325	0.25	0.19	0.075	0	
C_m	-0.06	-0.115	-0.155	-0.175	-0.16	-0.14	-0.11	-0.06	0	

Гидродинамические вращательные характеристики корпуса ПА

Проект: арг

α	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
C_x	0	0.041	0.082	0.123	0.163	0.204
C_y	0	7.00000E-03	0.014	0.0215	0.0287	0.0358
α	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
C_x	0.25	0.286	0.327	0.367	0.408	
C_y	0.043	0.0501	0.0573	0.064	0.0716	

Инерционные характеристики корпуса ПА

Проект: арг

λ_{11}	λ_{22}	λ_{55}	λ_{12}	λ_{13}	λ_{15}	λ_{25}
588	5000	1580	257	394	1089	10

Слайд №49
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

ТесИС

Пример моделирования вертикального маневрирования ПА типа "Скарус" (ручное управление кормовым ПУ, ускорено в 10 раз)

2D симулятор вертикального маневрирования СПА

Корпус: ДПС и системы | Двигатели | Гидродинамические характеристики | Условия моделирования | Моделирование | Помощь | Выход

2D СИМУЛЯТОР САМОХОДНОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА
версия 2.1
Copyright Timoshenko V.F., 2006 (C)

Слайд №50
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Расчет инерционных характеристик ПА



РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Присоединяемые массы судна: L=3.096 B=1.099 T=1.000

	1	2	3	4	5	6
1 1	284.08	.00	.32	.00	-1.54	.00
1 2	.00	3686.45	.00	-.43	.00	-96.13
1 3	.32	.00	832.28	.00	75.87	.00
1 4	.00	-.43	.00	274.24	.00	1.49
1 5	-1.54	.00	75.87	.00	238.94	.00
1 6	.00	-96.13	.00	1.49	.00	1992.33

Примечание 1: Расчетное число площадок разбиения : 1056
 Примечание 2: Присоединяемые массы отнесены к : 1

Присоединяемые массы эквивалентного трехосного эллипсоида [3]:

L, B, T, m	=	3.096	1.099	1.000
Масса, тонн	=	2.296		
Ixx, Iyy, Izz	=	597.6	2201.4	1880.8
a111, a132, a133	=	324.257	3145.302	965.706
a144, a155, a166	=	184.525	325.183	1559.301
K11, K22, K33	=	.141236	1.369994	.429742
k44, k55, k66	=	.308795	.147704	.829102

Слайд №51
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Расчет кривых действия маршевых движителей ПА



Расчет характеристик в свободной воде ГВ серии В.

Основные | Результаты | Help

Исходные данные из проекта:

- Частота вращения ГВ, 1/мин:
- Дисковое отношение А0/В0:
- Шаговое отношение Р/Ср:
- Количество лопастей (Z, 7):
- Диаметр ГВ Dp, м:

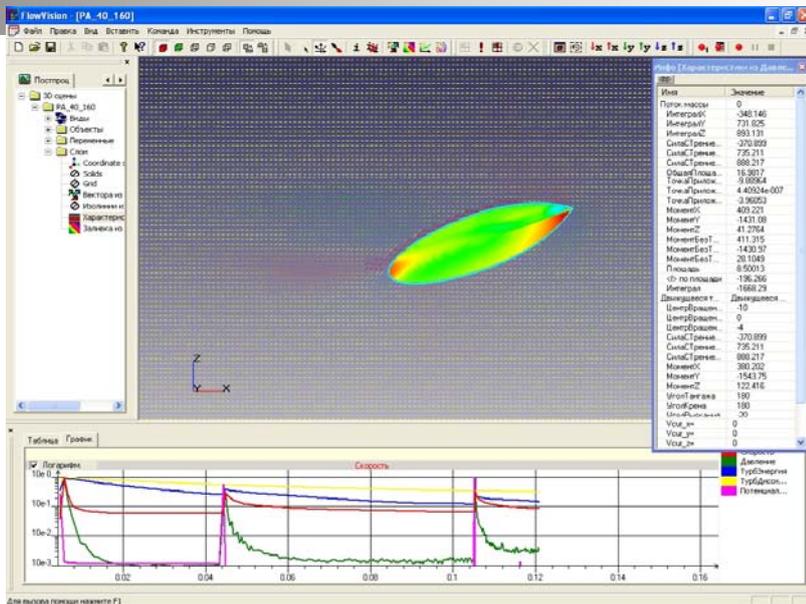
Кривые действия гребного винта серии В в свободной воде

— КТ — КQ — EтQ

График показывает зависимости коэффициента сопротивления (КТ), коэффициента полезного действия (КQ) и относительного КПД (EтQ) от относительной поступи (p). Ось X (относительная поступь p) и ось Y (коэффициент сопротивления КТ) имеют диапазон от 0.00 до 1.00. Ось Z (относительный КПД EтQ) имеет диапазон от 0.00 до 0.70.

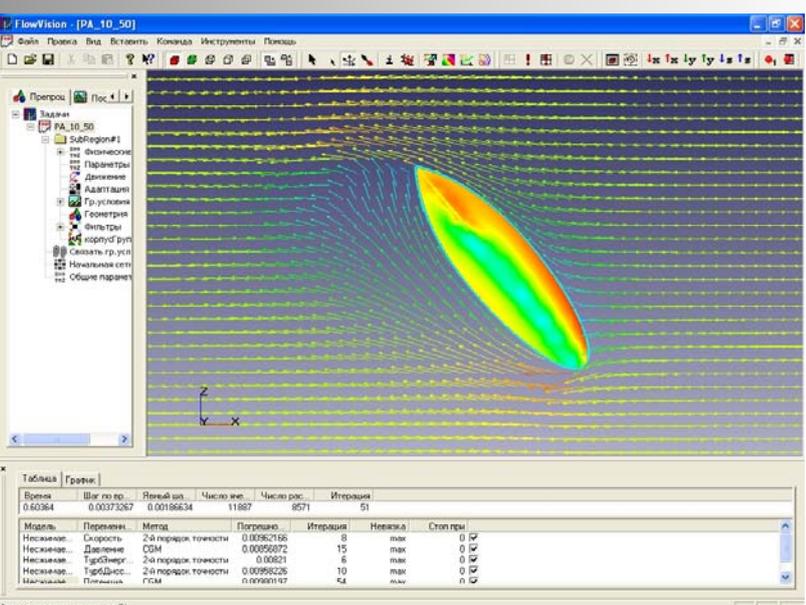
Слайд №52
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Пример расчета позиционных характеристик ПА в FlowVision (несжимаемая жидкость - воздух) при скорости V=40 м/с



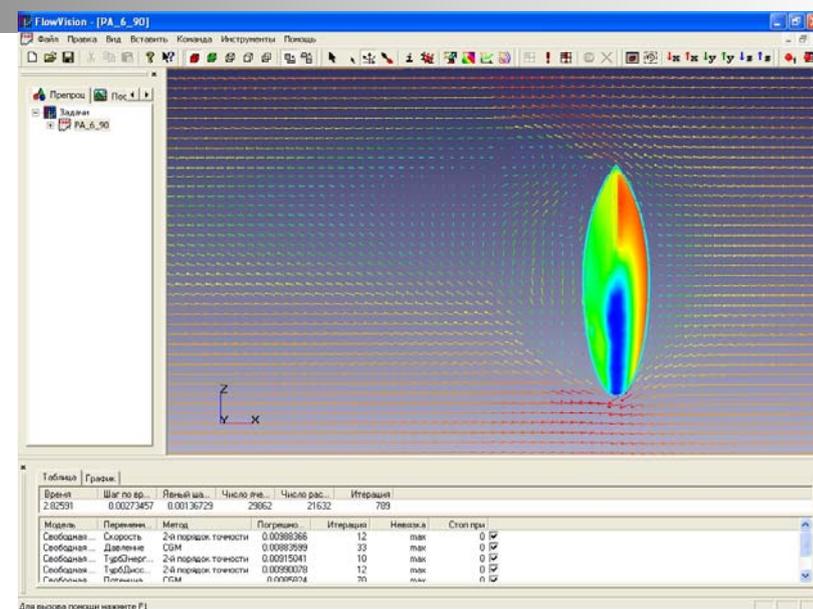
Слайд №53
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Пример расчета позиционных характеристик ПА в FlowVision (несжимаемая жидкость - воздух) при скорости V=40 м/с



Слайд №54
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

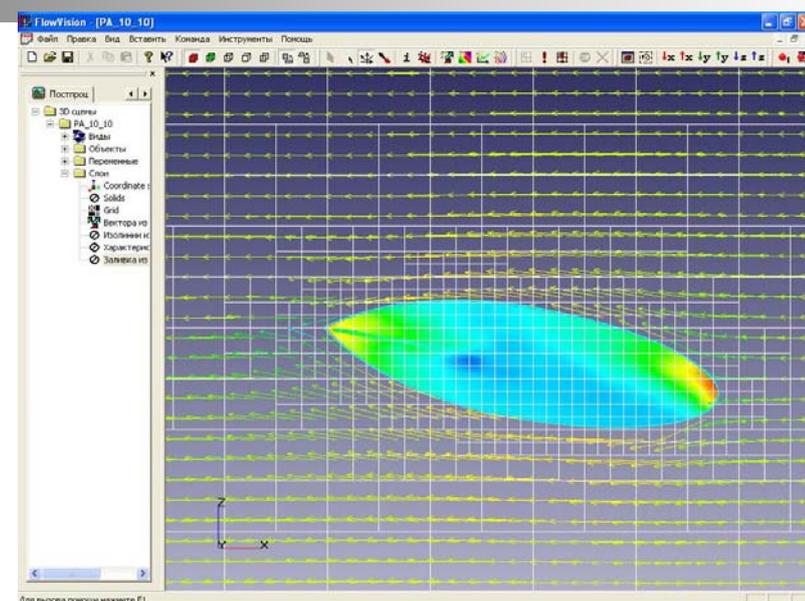
Пример расчета позиционных характеристик ПА в FlowVision (несжимаемая жидкость - вода) при скорости $V=6$ м/с



Слайд №55

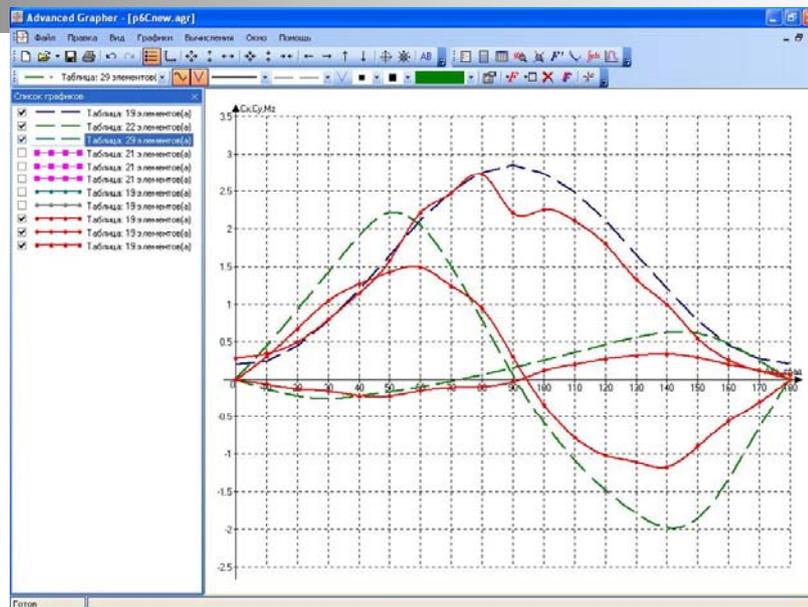
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Моделирование ПА в поточной системе координат при $V=40$ м/с с уровнем адаптации 2



Слайд №56

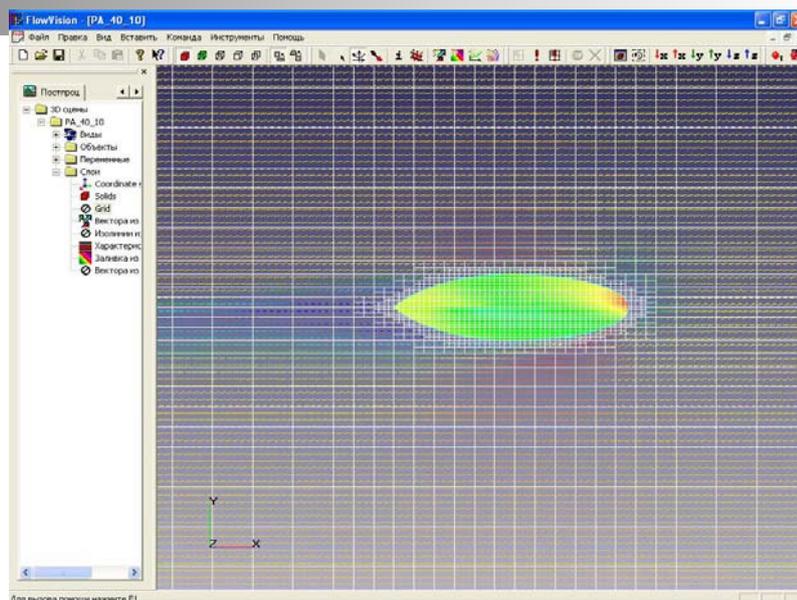
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Результаты расчета в несжимаемой жидкости при $V=40$ м/с

Слайд №57

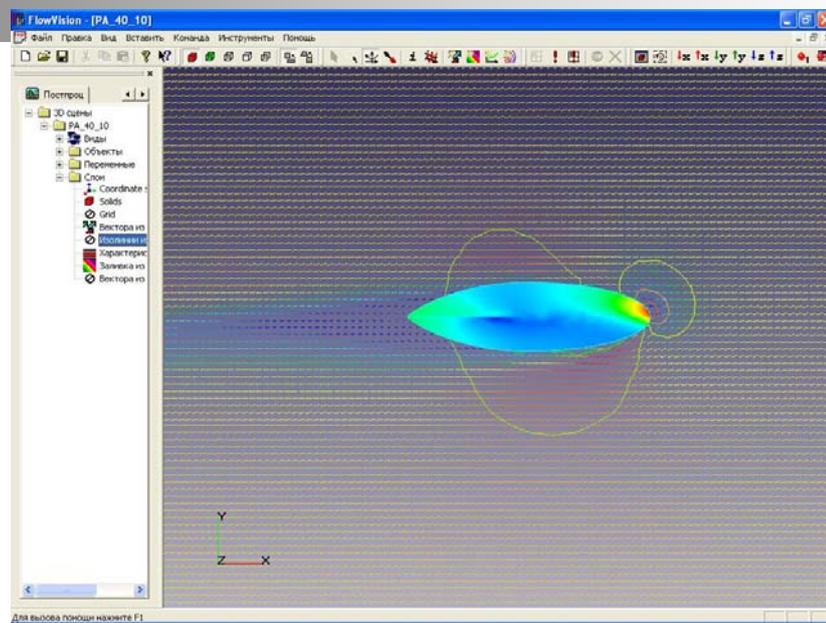
Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Расчет позиционных характеристик ПА в связанной системе координат



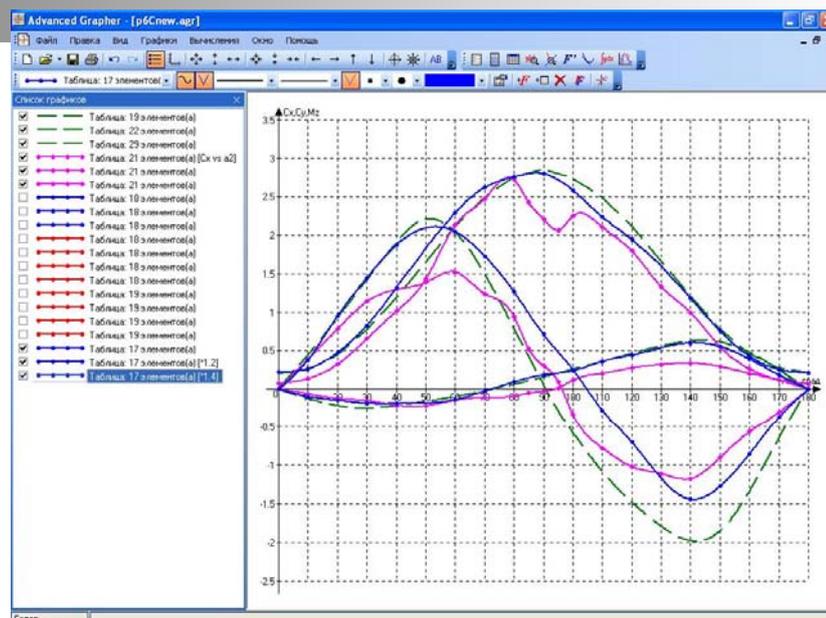
Слайд №58

Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Поле скоростей и распределение давлений на корпусе ПА ($\beta=10$ град)

Слайд №59

Инженерные системы 2010, Москва, 2010

Результаты расчета в несжимаемой жидкости при $V=40$ м/с

Слайд №60

Инженерные системы 2010, Москва, 2010



Спасибо за внимание !

Слайд №61
Инженерные системы 2010, Москва, 2010