

FORAN & FlowVision – новые возможности для инженерного анализа гидродинамики судна на всех стадиях проектирования

Известно, что комплексные решения в области автоматизации проектирования в судостроении являются в настоящее время одним из главных условий создания конкурентоспособной продукции. Такие решения позволяют осуществлять не только эффективный обмен информацией между различными специальностями, избегая двойного ввода данных и ошибок, сопровождающих внесение информации вручную, но и, реализуя, так называемое, «эвразное проектирование», получать комплексные решения, которые ранее в прямом виде не были доступны. В результате обеспечиваются необходимая точность, сокращение трудозатрат персонала, рост эффективности самого проектирования.

Специалистами компаний «**ТЕСИС**» и «**SMART MARINE Ltd**» (официальный представитель компании «**SENER INGENIERIA Y SISTEMAS, S.A.**» в странах СНГ и Балтии) установлена и протестирована прямая связь специализированной судостроительной CAD/CAM-системы **FORAN** и программного комплекса **FlowVision** для решения задач, связанных с моделированием гидродинамических процессов обтекания корпуса судна. Установление прямой связи двух систем стало возможным благодаря наличию в обоих программных комплексах ряда передовых инновационных технологий, обеспечивших эффективный обмен информацией между программами.

Как показали результаты тестирования, совместное использование программных комплексов позволяет значительно расширить возможности инженерного анализа обтекания, гидродинамики и ходовых качеств проектируемых судов. На всех этапах проектирования, включая ранние стадии проработки корпуса судна, специалисты имеют возможность получить и проанализировать достоверную и исчерпывающую информацию по ходовым качествам проектируемого корпуса судна. При этом, анализу могут быть подвергнуты не только интегральные гидродинамические характеристики корпуса – остаточное и полное сопротивление – но и их погонное распределение по корпусу и его элементам, а также сама картина обтекания, поля скоростей, давления и т.д.

Положительным моментом является также то, что все перечисленные выше работы могут быть выполнены на настольном компьютере инженера-гидродинамика и, как правило, не требуют больших аппаратных ресурсов. При этом, примененные в программных комплексах инновационные технологии позволяют экономить и временные ресурсы необходимые для проведения расчетов.



Система FORAN (www.foran.es) – разработка испанской компании «**SENER INGENIERIA Y SISTEMAS, S.A.**» – CAD/CAM/CIM система, разработанная специально для проектирования и строительства судов. Система Foran применяется для проектирования и строительства судов любых типов и может быть адаптирована к особым требованиям каждой конкретной верфи, как в части проектирования, так и строительства.

Программный комплекс FlowVision (www.flowvision.ru) – разработка российской компании «**ТЕСИС**» – ориентирован на численное моделирование в общем случае нестационарного течения жидкости и газа в/около различных технических объектов. Обладает широким спектром функциональных возможностей, реализованных в различных моделях течения (ламинарное, турбулентное, гипер/сверхзвуковое) жидкости и газа, а также модулях, ориентированных на решение специальных и сопряженных задач (многофазные течения, массо и теплообмен, горение и т.д.)



FlowVision



Деятельность компании «**SENER INGENIERIA Y SISTEMAS, S.A.**» в области судостроения сконцентрирована в «**MARINE STRATEGIC BUSINESS UNIT**» с более, чем 50-летним опытом работы в судостроении.

Компания «ТЕСИС» (www.tesis.com.ru) – российская инжиниринговая компания, образована в 1994 году. «**ТЕСИС**» один из ведущих российских разработчиков и поставщиков инженерных решений для промышленных предприятий России и стран СНГ. Компания ТЕСИС предлагает комплексные решения по современному оснащению и автоматизации конструкторских, расчетных и технологических подразделений.



Создание и передача геометрии корпуса судна из Системы FORAN в FlowVision.

Для определения и оптимизации гидродинамических характеристик судна, в том числе, расчетными методами, необходимо иметь качественное представление поверхности корпуса судна. Система FORAN позволяет вести геометрическое моделирование, в том числе, и теоретических обводов корпуса судна в рамках 3-х мерной твердотельной модели.

В Системе FORAN поверхность находится в специальном внешнем файле. Для работы с файлом существует модуль FSURF.

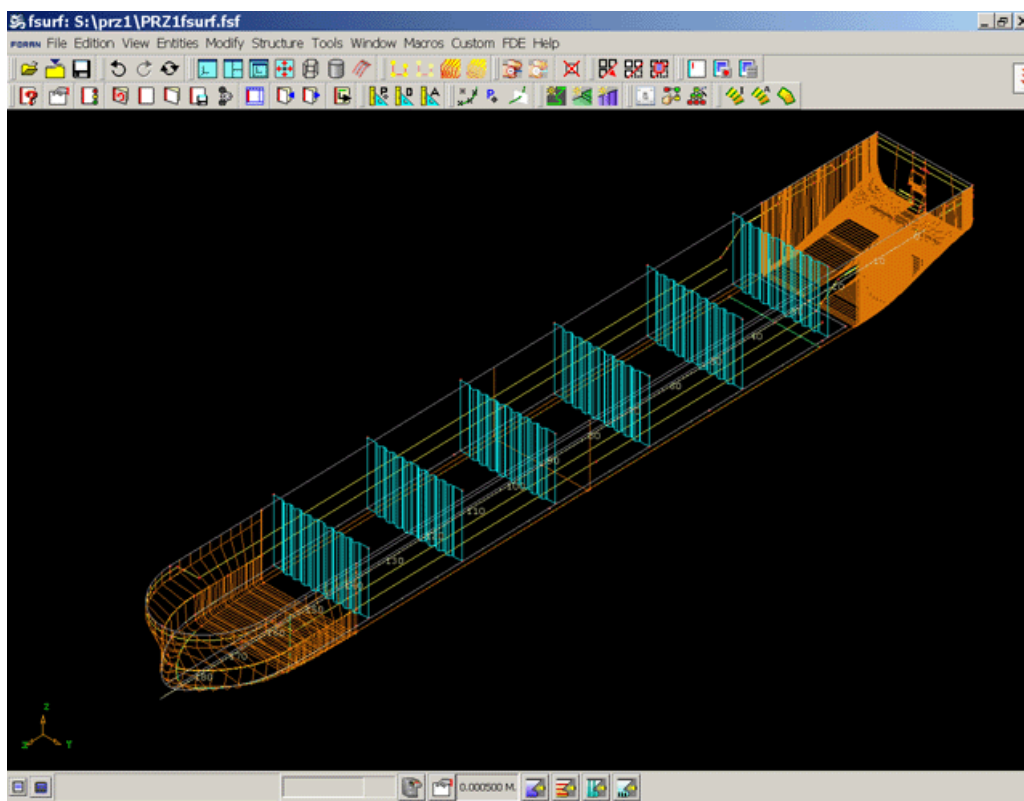


Рис.1. Исходный набор элементов поверхностей корпуса.

Так как для работы в FlowVision необходимо твердое тело, то для дальнейшей работы необходимо загрузить поверхность из модуля FSURF в модуль FDESIGN и отредактировать её, оставив только внешние обводы и верхнюю палубу, и создать твердое тело (см. рис.2):

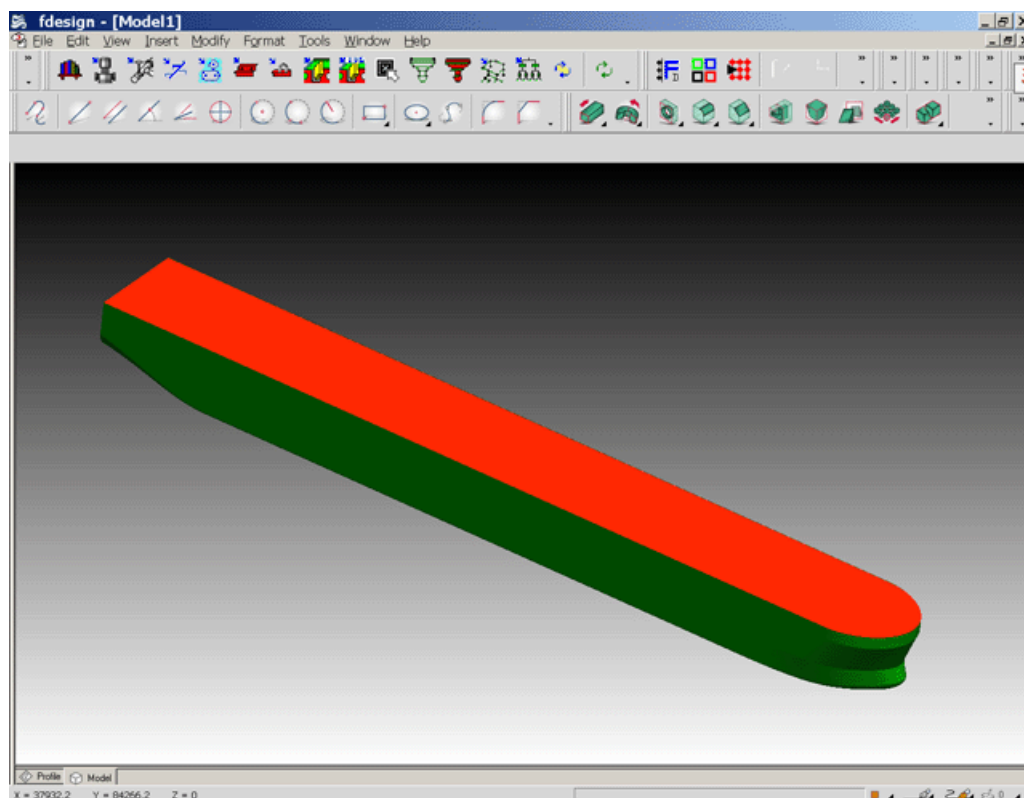


Рис.2. Твердотельная модель корпуса судна.

Инженеру-конструктору предоставляются широкие возможности по экспорту геометрии из Системы FORAN (Модуль FDESIGN), как в параметрическом, так и в ряде специальных форматов (см. табл.1).

Таблица 1

File Format	Extension	Save
think3 3D Model	e3	YES
think3 2D Drawing	e2	YES
GBG DraftMaker	d	YES
ASCII Points	pt	YES
IGES	igs	YES
VDA	vda	YES
DXF File — AutoCAD® DXF	dxf	YES
DWG File — AutoCAD® Drawing	dwg	YES
think3 Neutral Format	gkd	YES
STEP Format	stp, step	YES
STL Format	stl	YES
VRML Format	wrl	YES
Wavefront Format	obj	YES
IRIS Inventor™ Format	iv	YES
XGL Format	xgl	YES

Последнее важно для построения взаимодействия с внешними, например, САЕ-системами. В частности, экспорт геометрии из Системы FORAN в формате –stl” или –wrl” полностью соответствует требованиям ее импорта в программный комплекс FlowVision.

Построение расчетной модели для моделирования обтекания корпуса судна в среде FlowVision.

Расчетная область. Все расчеты по определению гидродинамических характеристик судна основываются на моделировании обтекания его корпуса. Для этого, импортированный в FlowVision, корпус судна помещается в расчетную область – “виртуальный бассейн” (см. рис.3), моделирующий –фрагмент” реальной водной акватории. Моделирование, как правило, ведется в обращенном движении и, например, для движения судна без угла дрейфа в расчетной области располагается половина корпуса.

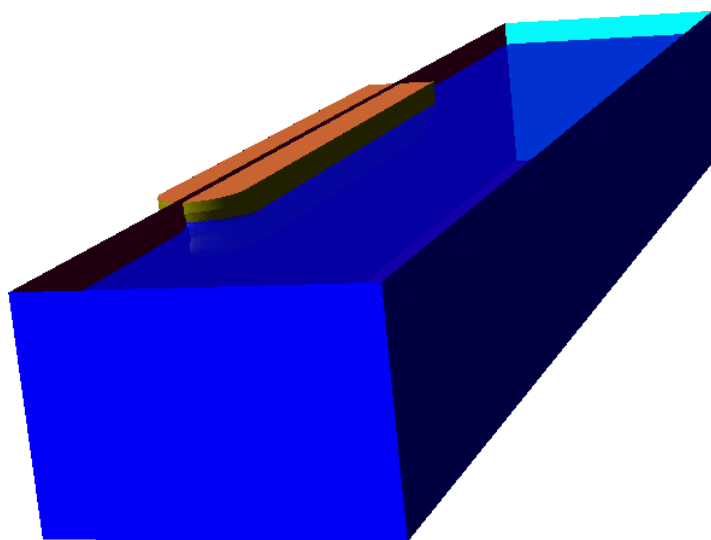
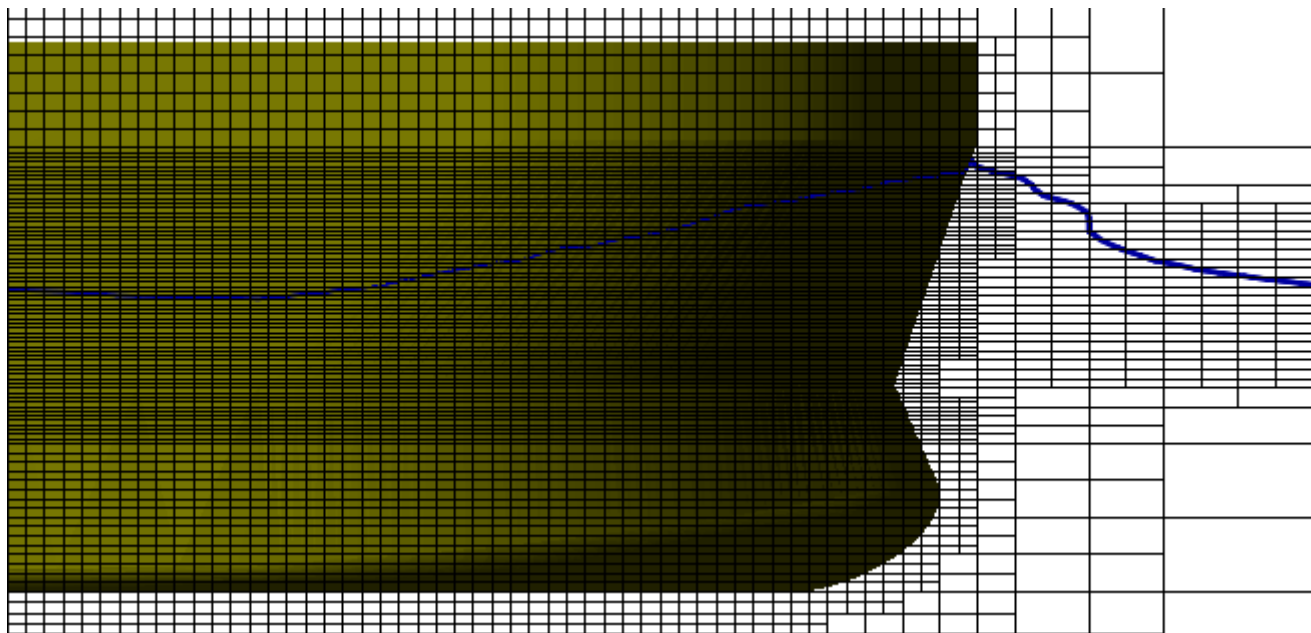


Рис.3 Расчетная область с размещенным в ней корпусом судна.

Расчетная сетка. В программе используется прямоугольная, динамически адаптируемая расчетная сетка. Отличительной особенностью построения расчетной модели в программном комплексе FlowVision является ее автоматическая генерация для расчетной области любой сложности, что значительно сокращает время, затрачиваемое пользователем, на подготовку к решению задачи. Инструментальные средства строителя расчетной сетки позволяют пользователю учитывать особенности течения в районах расположения выступающих частей и эффективно разрешать особенности течения в пограничном слое корпуса судна (см. рис.4).



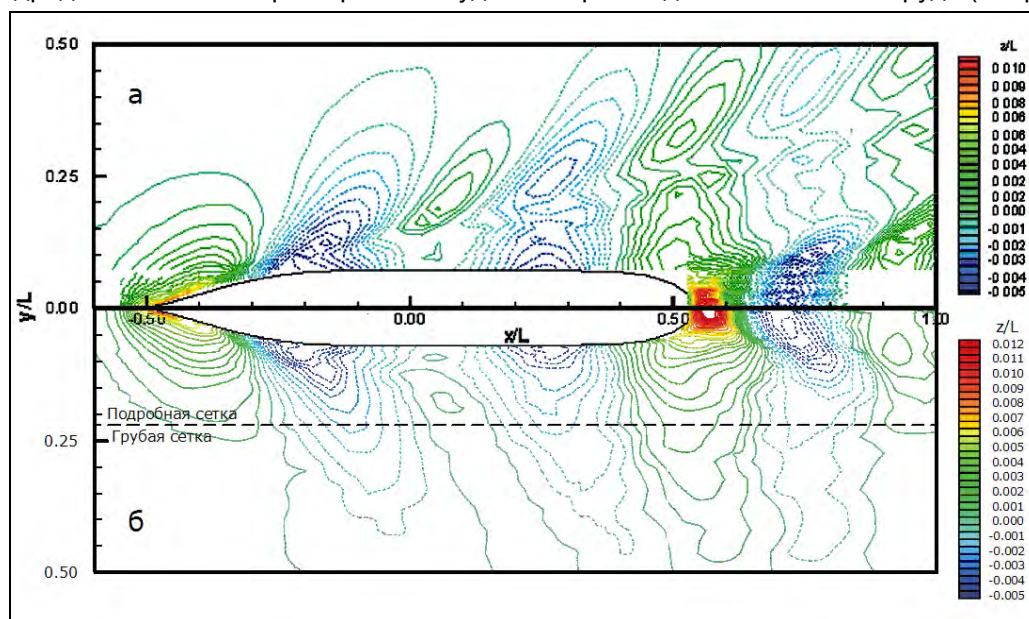
— граница раздела сред «вода-воздух»

Рис.4 Фрагмент расчетной сетки с адаптацией по объему около корпуса и его поверхности.

Уникальной, при этом, является возможность перестроения расчетной сетки в ходе расчета, когда пользователю, по тем или иным причинам, необходимо более детально уточнить течение в заданном фрагменте расчетной области путем уменьшения размера расчетных ячеек (динамическая адаптация). Операция динамической адаптации в этом случае не требует возобновления решения с начального момента, а, как правило, выполняется в продолжении расчета, что позволяет значительно снизить время необходимое для проведения расчета.

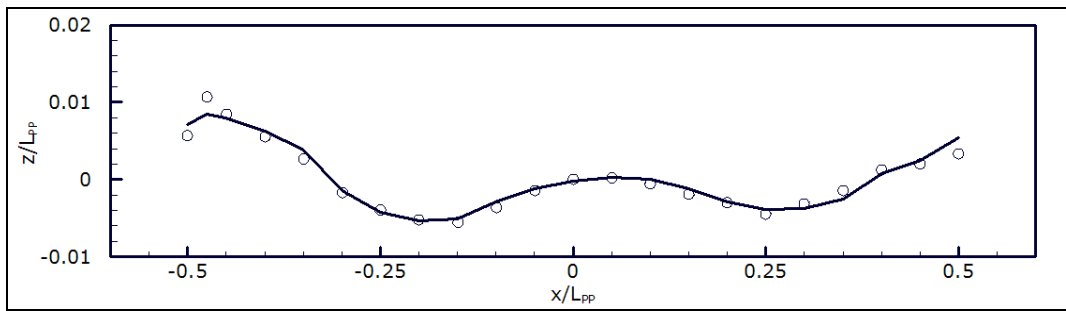
Инновационные технологии в определении ходовых качеств судна.

Модель «Свободная поверхность». Программный комплекс FlowVision содержит инновационные технологии, ориентированные на моделирование обтекания тел пересекающих границу раздела сред. В частности, в его состав входит модель «Свободная поверхность» специально разработанная для моделирования описанных выше процессов и хорошо себя зарекомендовавшая при использовании программного комплекса в судостроительных КБ. При этом, как показал практический опыт применения FlowVision, используемый для определения границы раздела сред инновационный метод подсеточного разрешения 2-го порядка точности, позволяет с высокой точностью определять характер течения около корпуса и гидродинамические характеристики судна в широком диапазоне чисел Фруда (см. рис.5, 6, 7).



а – эксперимент, б – численное моделирование в FlowVision

Рис.5 Распределение давления



○ – эксперимент, — - численное моделирование в FlowVision

Рис.6 Бортовая ватерлиния

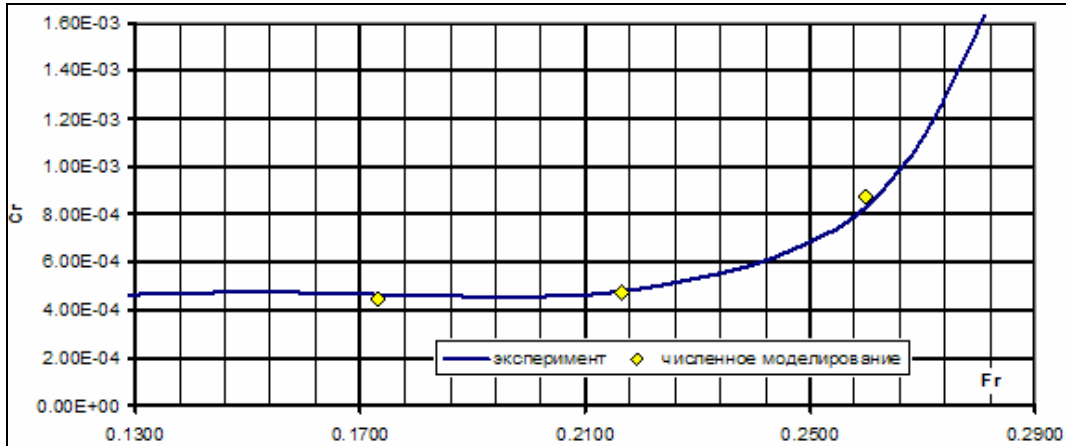
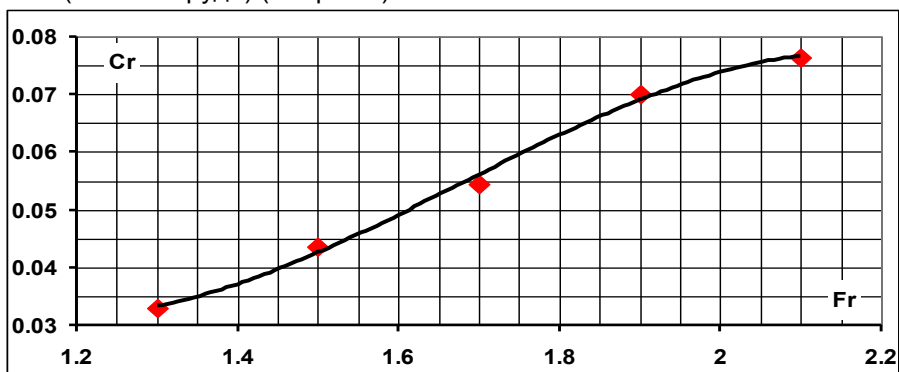
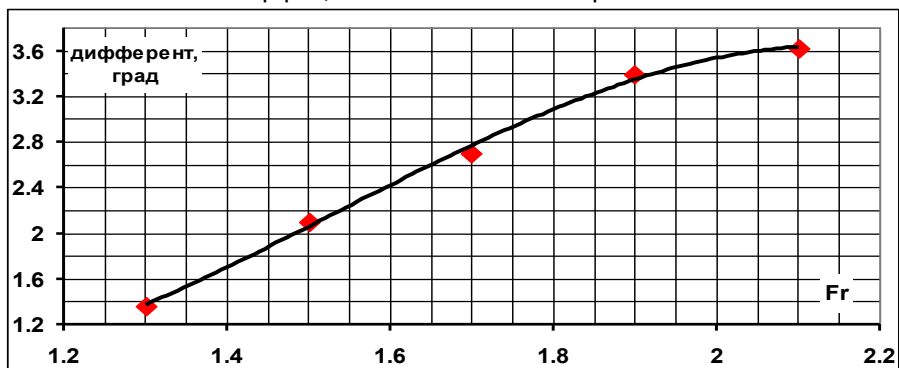


Рис.7 Коэффициент остаточного сопротивления от числа Фруда

Модуль “Подвижное тело”. Уникальное сочетание возможностей модели “Свободная поверхность” и модуля “Подвижное тело”, также входящего в состав программного комплекса FlowVision, позволяет моделировать обтекание скоростных и глиссирующих судов и определять их гидродинамические характеристики, с учетом изменения посадки корпуса судна на воду (осадка и угол дифферента) на различных скоростях (числах Фруда) (см. рис.8).



а – коэффициент остаточного сопротивления



б – угол дифферента

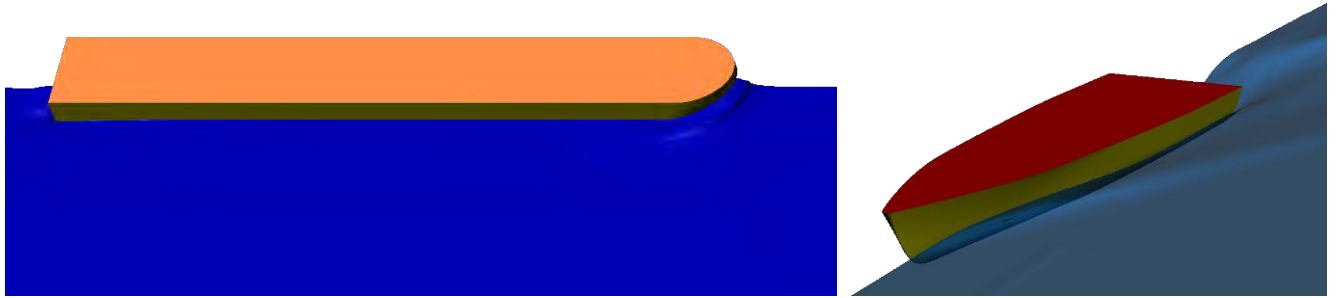
Рис.8. Сопротивление и посадка корпуса скоростного судна на различных числах Фруда

Реалистичное представление и возможности анализа результатов моделирования.

В программном комплексе FlowVision реализованы широкие возможности по анализу и представлению результатов моделирования и определения гидродинамических характеристик судна. Программный комплекс располагает методами визуализации течения около корпуса, с помощью которых он может

анализировать:

- реалистичное представление границы раздела сред – волновой системы около корпуса – как в виде поверхности в пространстве всей расчетной области (см. рис.9), так и в виде волновых профилей, например, вдоль корпуса судна (см. рис.6, 10-15),

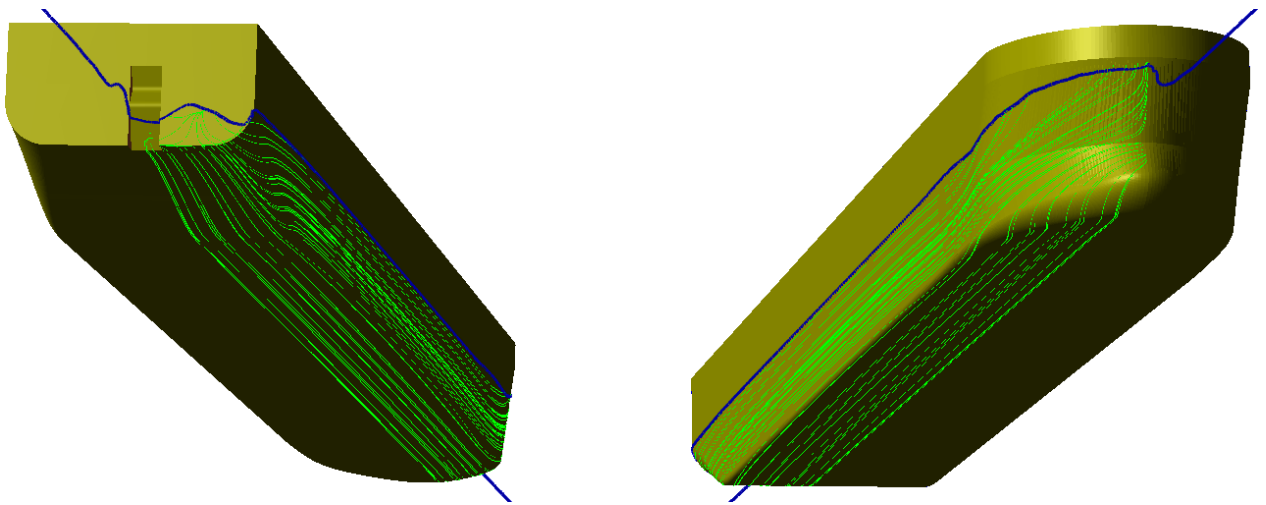


а – водоизмещающее судно,

б – скоростное судно

Рис. 9 Реалистичное представление волновой системы около корпуса в пространстве расчетной области

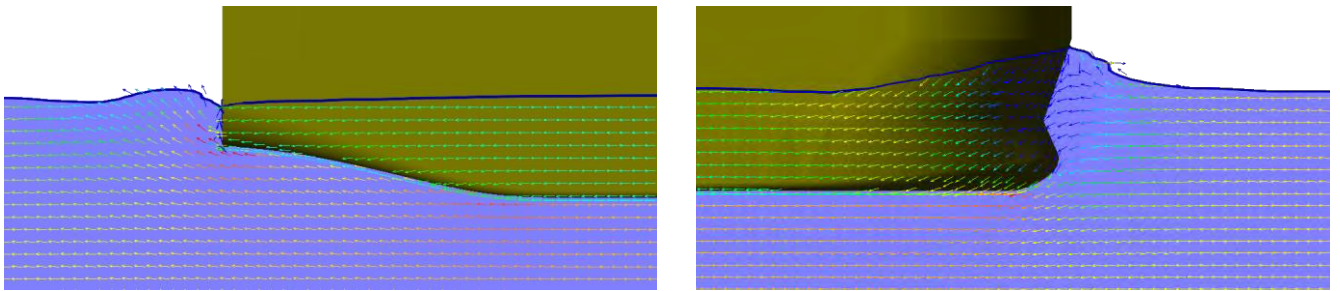
- линии тока (см. рис.10) и поле скоростей (см. рис.11) в непосредственной близости от корпуса судна, позволяющие провести анализ характера обтекания судна, определить зоны торможения, ускорения, вихреобразования и возвратного течения жидкости.



а – вид с кормы,

б – вид с носа

Рис. 10 Линии тока около корпуса.

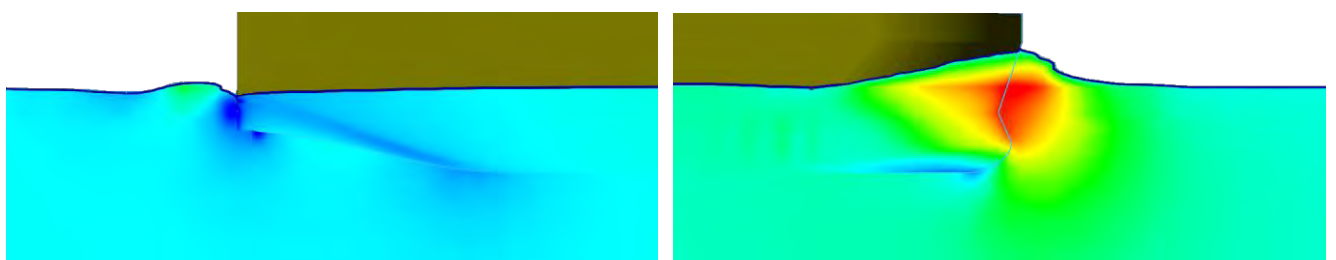


а – кормовая оконечность корпуса,

б – носовая оконечность корпуса

Рис. 11 Поле скоростей в ДП и около корпуса.

- распределение давления в расчетной области на плоскости и на смоченной поверхности корпуса, а также его элементах (см. рис.12),



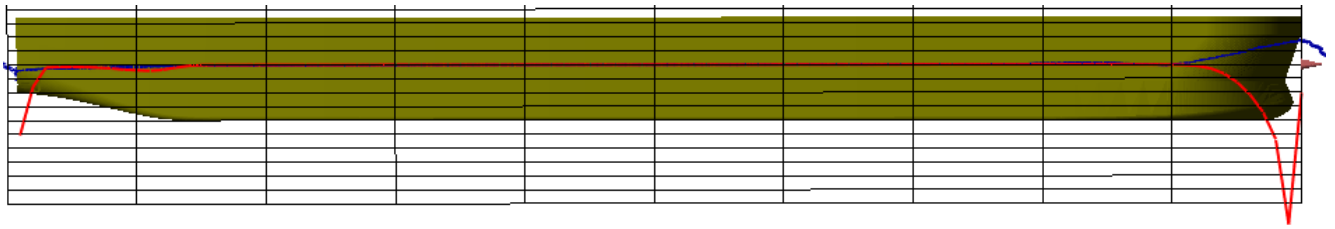
а – кормовая оконечность корпуса,

б – носовая оконечность корпуса

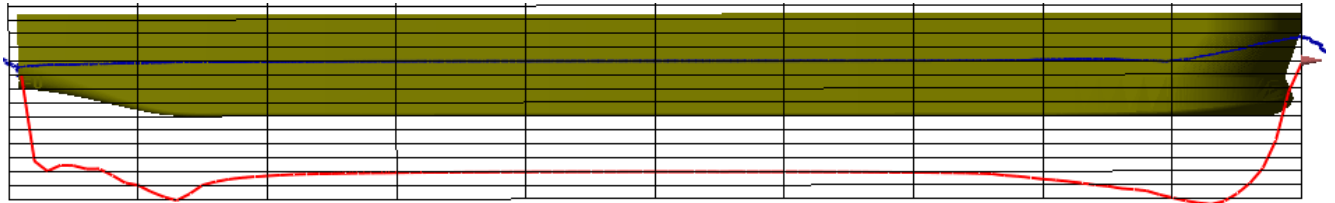
— распределение давления, — граница раздела сред «вода-воздух».

Рис. 12 Распределение давления в ДП и по оконечностям корпуса.

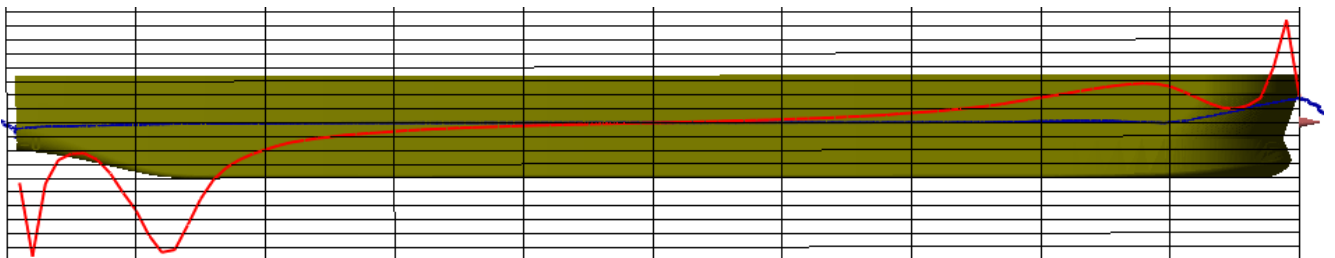
- распределение погонных гидродинамических сил по корпусу (см. рис.13, 14, 15),



— - остаточное сопротивление, — - волновая ватерлиния
 Рис. 13 Погонное распределение по корпусу остаточного сопротивления.



— - вязкое сопротивление, — - волновая ватерлиния
 Рис. 14 Погонное распределение по корпусу вязкого сопротивления.



— - перерезывающая сила, — - волновая ватерлиния
 Рис. 15 Погонное распределение по корпусу перерезывающей силы, обусловленной движением.

- интегральные характеристики, в том числе, суммарные силы и моменты, действующих на корпус судна (см. рис.16),

Name	Value
IntegraX	-31991.5
IntegraY	224637
IntegraZ	406127
ForceWithFrictionX	-35219.2
ForceWithFrictionY	224575
ForceWithFrictionZ	405838
OverallArea	249.975
PointMomentX	-19.3343
PointMomentY	15
PointMomentZ	0.140493
MomentX	-115581
MomentY	529715
MomentZ	130946
MomentNoDragX	-116063
MomentNoDragY	525723
MomentNoDragZ	135391
Area	62.0268

— остаточное сопротивление → IntegraX
 — полное сопротивление → ForceWithFrictionX
 — дифферентующий момент → MomentX
 — площадь смоченной поверхности → Area

Рис.16 Интегральные характеристики

- посадка на воду судна, а также его линейные и угловые скорости в случае неустановившегося движения (см. рис.17).

Name	Value
Moving Body	Moving Body in
RotateCenterX	-21.19
RotateCenterY	15
RotateCenterZ	-0.127312
ForceWithFrictionX	-56827.1
ForceWithFrictionY	220696
ForceWithFrictionZ	566054
MomentX	-784076
MomentY	-54807.9
MomentZ	328701
AnglePitching	0
AngleRoll	-0
AngleYaw	3.98434
Vcur_x=	0
Vcur_y=	0
Vcur_z=	0.0216776
Wcur_x=	0
Wcur_y=	-0.00141355
Wcur_z=	0

изменение осадки корпуса → RotateCenterZ

угол дифферента → AnglePitching

Вертикальная скорость → Vcur_z=

угловая скорость → Wcur_y=

Рис.17 Посадка судна на воду

В заключение отметим, что для профессионально ориентированного описания результатов моделирования пользователь может ввести пользовательские физические переменные, в которых он привык представлять результаты расчетов. Это позволяет провести профессиональный анализ ходовых качеств судна в терминах привычных для судостроителя.

Координаты компании –SMART MARINE”:

Офис в Санкт-Петербурге:
197110, Россия, Санкт-Петербург, Левашовский пр.
13, Литер Г, офис 319,
тел./факс: +7 (812) 633-05-22;
e-mail: maslova484@gmail.com

Координаты компании –ТЕСИС”:

Главный офис в Москве:
127083, Россия, Москва, ул. Юннатов 18,
офис 705,
тел./факс: +7 (495) 612-44-22;612-42-62,
e-mail: Info@tesis.com.ru

Офис в Нижнем Новгороде:
603093, Россия, Нижний Новгород, ул.
Родионова, 26,
тел./факс: +7 (831) 278-09-85, 278-0-9-86,
e-mail: shvv@capvidia.nnov.ru

Интернет:

www.tesis.com.ru; www.flowvision.ru