

Гидродинамический анализ судна в программном комплексе FlowVision

Традиционно обоснование внешних обводов судна достигается большим объемом теоретических расчетов и экспериментальных исследований на моделях в бассейнах, гидроканалах и на открытой воде. Исследование гидродинамики судна на экспериментальных моделях достаточно длительный и дорогостоящий процесс, имеющий ряд ограничений, связанных с подбором модели и натурного объекта.

Прогресс вычислительной техники и численных методов расчета сделал доступными для использования в судостроении программы численного моделирования движения судна с учетом турбулентности обтекания, волнообразования и взаимодействия с гребным винтом и дном судна. Российский программный комплекс FlowVision предназначен для решения подобных задач и позволяет решать практические задачи гидродинамики судна, таких как получение буксировочных характеристик корпуса, гидродинамических характеристик движителя, отработка взаимодействия корпуса и движительного комплекса. При этом, как показал опыт практического использования программного комплекса FlowVision, задачи гидродинамики судна могут быть решены во всем освоенном диапазоне скоростей движения (чисел Фруда) современных судов, включая скорости глиссирования, когда в ходе решения задачи необходимо определять балансировочные параметры по всплытию и углу дифферента судна.

В настоящей статье приводится опыт применения программного комплекса FlowVision в двух организациях, которые проектируют транспортные суда и быстроходные суда военного назначения, – Digital Marine Technology (DMT) (Одесса, Украина) и Зеленодольское ПКБ (ЗПКБ) (Зеленодольск, Россия).

Программный комплекс FlowVision

Программный комплекс FlowVision начал разрабатываться в начале 90-х годов коллективом авторов, работавших в то время в Российской академии наук, как универсальная система для моделирования движения жидкости и газа в различных промышленных приложениях. Он основан на методе конечных объемов, являющемся промышленным стандартом в вычислительной гидродинамике. FlowVision имеет возможность расчета как сжимаемых, так и несжимаемых течений жидкости и газа, имеет пять моделей турбулентности, включая низкорейнольдсовые модели.

Основное отличие FlowVision от аналогов – это автоматическая генерация расчетной сетки. Обычно

в программных комплексах вычислительной гидродинамики или прочностного анализа в работе пользователя, связанной с подготовкой расчетной области, до 90 процентов времени уходит на построение расчетной сетки. Во FlowVision эта проблема снята за счет использования метода генерации расчетной сетки из первоначальной декартовой сетки с использованием метода подсеточного разрешения геометрии. Суть этого метода заключается в булевом вычитании из прямоугольной расчетной сетки объема, заданного замкнутой поверхностью моделируемого тела. При этом ячейки расчетной сетки, через которые проходит криволинейная поверхность, превращаются в сложные криволинейные ячейки, внутри которых происходит аппроксимация уравнений повышенным порядком точности. Уточнение решения в областях с высокими градиентами решения или геометрическими особенностями достигается с помощью локальной динамической адаптации расчетной сетки, при этом любая ячейка расчетной области может быть разбита (адаптирована) на более мелкие ячейки.

Одним из преимуществ FlowVision, позволяющим эффективно использовать его в задачах гидродинамики судов, является возможность расчета подвижных тел и моделирование свободной поверхности жидкости. Для расчета свободной поверхности жидкости FlowVision использует модифицированный метод объема жидкости в ячейке (VOF), который гораздо точнее оригинального метода VOF и позволяет рассчитывать движение воды около судов с высокой степенью точности.

Применение FlowVision при проектировании транспортных судов

Численное моделирование обтекания корпусов транспортных морских судов с помощью комплексов гидродинамического анализа в настоящее время начинает приобретать в задачах проектирования судна практическое значение. Получение полной картины потока, обтекающего корпус, на ранних стадиях его проектирования позволяет качественно решать задачи оптимизации формы корпуса и конфигурации выступающих частей; изучать условия работы движителей, рулевых и подруливающих устройств; находить характеристики ходовой посадки быстроходных судов; определять мощности энергетической установки судна.

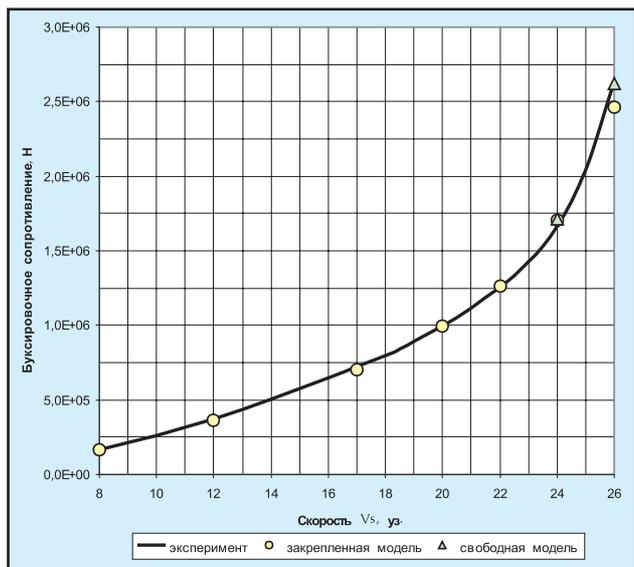


Рис. 1. Результаты расчетов FlowVision и эксперимента по контейнеровозу KCS

Тестовые расчеты обтекания корпусов судов различного типа, выполненные специалистами компании DMT с помощью программного комплекса FlowVision, показали результаты, сопоставимые с экспериментальными результатами, полученными в лучших гидродинамических лабораториях мира. К примеру, результаты расчетов и эксперимента по крупнотоннажному скоростному контейнерному судну представлены на рис. 1. Выполнение численных исследований с подробным анализом результатов оказалось возможным благодаря опубликованной информации о проведенных в Корейском исследовательском институте корабля и океанотехники (Korea Research Institute for Ships and Ocean Engineering) буксировочных испытаниях модели контейнерного судна.

Данные, полученные при изучении волновой системы судна в ходе модельного эксперимента и численных

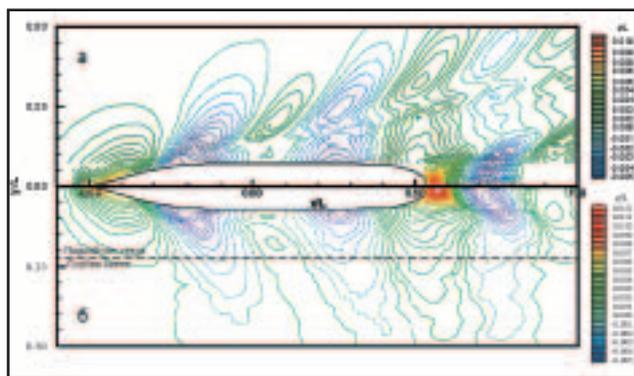


Рис. 2. Линии равных уровней свободной поверхности по данным: а – эксперимента при $Fr = 0.26$, $Re = 1.4e7$; б – численного расчета при $Fr = 0.26$, $Re = 2.8e9$

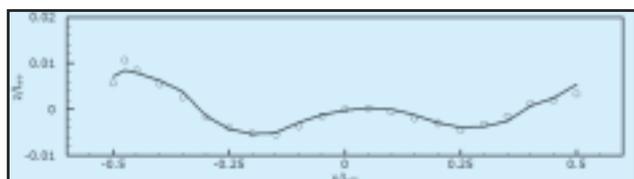


Рис. 3. Волновой профиль – эксперимент при $Fr = 0.26$, $Re = 1.4e7$; – численный расчет при $Fr = 0.26$, $Re = 2.8e9$

расчетов, представлены на рис. 2 и 3 в графической форме, избранной корейскими специалистами при оформлении экспериментальных результатов.

Примером использования программного комплекса FlowVision в практических целях является отработка обводов судна смешанного плавания. Возможность с помощью FlowVision получать не только величину сопротивления, но и картины распределения физических величин в потоке и по поверхности корпуса (рис. 4) способствует более быстрому поиску эффективных путей улучшения гидродинамических качеств, что влияет также на качество и быстроту выполнения работ.

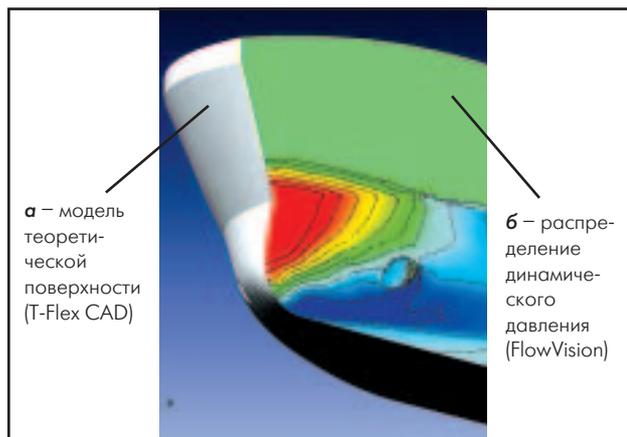


Рис. 4. Носовая оконечность судна

Моделирование судовых движителей

Для прогнозирования ходовых качеств судов помимо точного определения буксировочного сопротивления необходимо также получить коэффициенты взаимодействия движителей и корпуса судна, спроектировать движители и получить их гидродинамические характеристики. Учет параметров взаимодействия может быть осуществлен с помощью FlowVision путем совместного расчета обтекания корпуса потоком, обусловленным его буксировкой, и потоком, обусловленным работой движителя, который создается с помощью упрощенной

ТесИС

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
– В ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

3D Transvideo – трансляция и проверка качества 3D моделей

ABAQUS – прочность

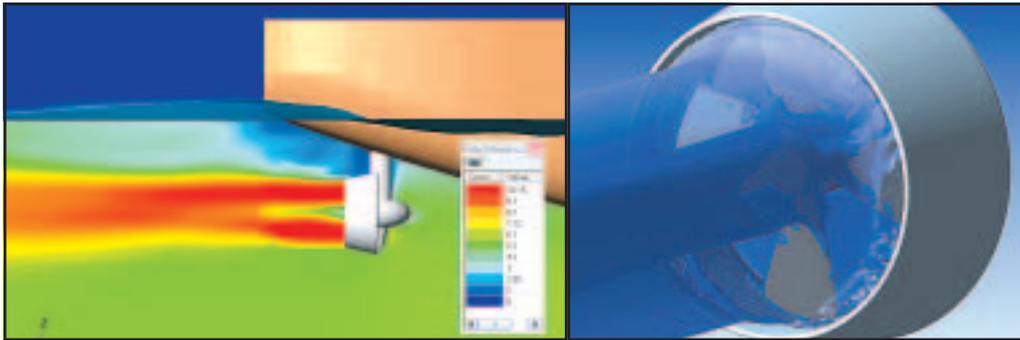
FlowVision – гидродинамика

DEFORM – обработка металлов давлением

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

Тел./Факс: (495) 612-4422, 612-42-62.

E-mail: info@tesis.com.ru



а – упрощенная модель гребного винта в насадке

б – точная модель

Рис. 5. Моделирование взаимодействия судовых движителей с корпусом судна численными методами

(рис. 5а) или точной (рис. 5б) модели последнего. Такая методика очень близка к самоходным испытаниям “в жесткой запряжке”. Применение данной расчетной методики предоставляет подробную информацию о физических особенностях взаимодействия элементов пропульсивной системы, которая очень полезна для их оптимизации.

Проектирование движителей, в частности судовых гребных винтов, также может быть осуществлено с помощью методов, аналогичных тем, которые применяются для проектирования корпусов. Хорошая точность результатов определения гидродинамических характеристик подтвер-

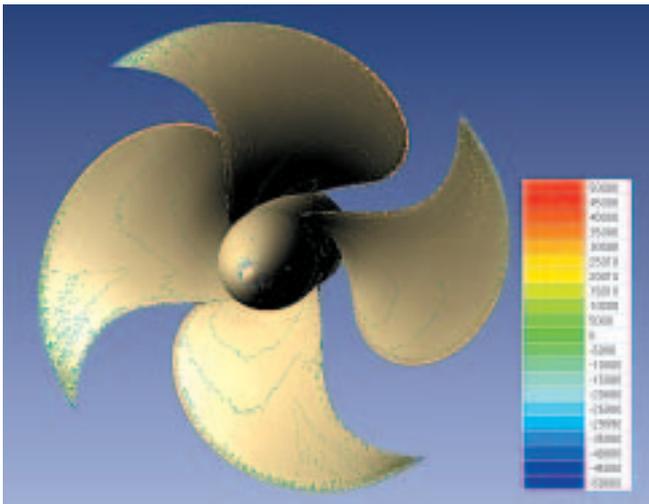


Рис. 6. Изолинии давления по поверхности гребного винта М4-75 при относительной поступи 0.6 (FlowVision)

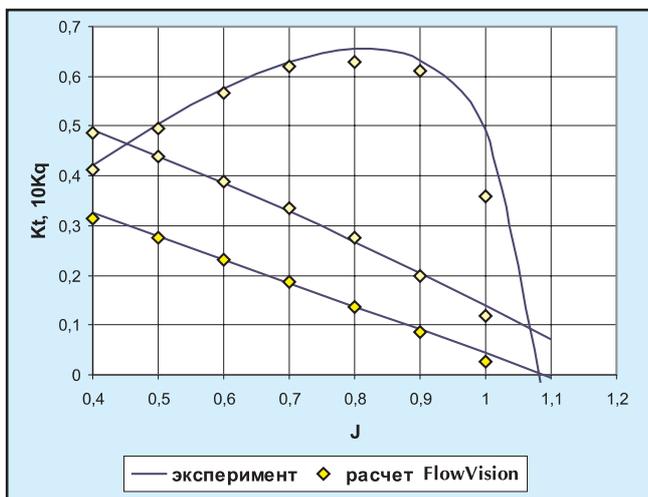


Рис. 7. Сопоставление кривых действия гребного винта М4-75, полученных путем расчета и эксперимента

дается выполненными тестовыми расчетами. Примером может служить расчет гребного винта серии М4-75, испытания которого были в свое время выполнены и тщательно выверены в кавитационных трубах ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. Изолинии давления по поверхности гребного винта, полученные по результа-

там расчета при относительной поступи 0.6, представлены на рис. 6. Сопоставление результатов расчетов FlowVision и эксперимента приведено на рис. 7, где показаны безразмерные кривые действия гребного винта.

Использование FlowVision при проектировании быстроходных судов военного назначения

Расчет сопротивления движению с последующим определением потребной мощности движителя является одной из важнейших задач при проектировании быстроходного судна. Традиционный метод определения гидродинамических характеристик – модельные испытания с последующим пересчетом по методу Фруда – затратный по времени и средствам процесс, не приводящий в ряде случаев к достоверной оценке силы сопротивления из-за инструментальной и методической погрешностей. К последней можно отнести известную проблему недостаточной турбулизации течения около корпуса модели. Известно, что характер обтекания корпуса модели в переходном режиме и режиме глиссирования способствует сохранению ламинарного режима течения в пограничном слое, в том числе из-за отрицательного градиента давления вдоль днища.

Численное моделирование обтекания натурального корпуса быстроходного судна с последующим расчетом гидродинамических характеристик, включая сопротивление движению, не имеет указанных выше методических погрешностей. Метод, что в данном отношении важно, позволяет проводить моделирование обтекания корпуса судна при натуральных числах Рейнольдса и во всем диапазоне скоростей (чисел Фруда) его движения. Более того, дополненный возможностью расчета динамики движения самого судна как твердого тела, в том числе под действием сил гидродинамической природы, метод позволяет определить изменение положения судна относительно поверхности воды при различных скоростях движения.

В результате моделирования обтекания натурального корпуса судна инженер получает информацию в исчерпывающем объеме, позволяющем на каждом режиме движения:

- определить волновую систему, создаваемую быстроходным судном, что очень важно, например, при проектировании катамаранов, тримаранов и других многокорпусных судов (рис. 8),
- получить распределение давления, например, по омываемой части корпуса (рис. 9), что необходимо для пра-



Рис. 8. Система волнообразования около корпуса судна

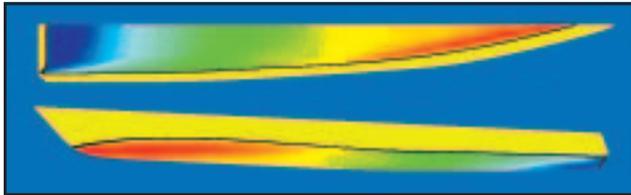


Рис. 9. Распределение давления по днищу корпуса судна

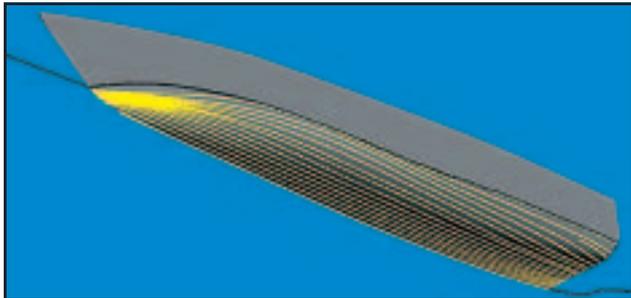


Рис. 10. Линии тока воды вблизи корпуса
 вильного определения напряженно-деформированного состояния конструкции корпуса судна,
 визуализировать с помощью, например, линий тока течение в непосредственной близости от корпуса (рис. 10) и тем самым провести анализ характера течения в любом районе корпуса,
 определить не только силу сопротивления и балансирующие траекторные параметры по всплытию и углу тангажа на разных скоростях движения, но и при необходимости динамику движения судна при различных управляющих воздействиях.

При этом следует отметить, что программный комплекс FlowVision позволяет решать перечисленные выше

задачи, включая динамику возмущенного движения судна, в пространственной постановке, т.е. с учетом всех степеней свободы. Важно также, что анализ гидродинамических характеристик FlowVision позволяет вести в понятных судостроителю терминах. Так, в результате расчета сила сопротивления движению быстроходного судна представляется в виде двух составляющих: составляющей, обусловленной давлением (остаточное сопротивление), и суммарной силы с добавлением к первой составляющей вязкого трения. Дополнительно инженер в ходе расчета всегда контролирует важные для понимания результатов расчета параметры: величину смоченной поверхности корпуса судна и границу раздела вода-воздух (рис. 9, черная линия), которые существенно дополняют возможности анализа обтекания корпуса быстроходного судна и его гидродинамических характеристик.

Приведенные в статье материалы практического использования программного комплекса FlowVision в двух компаниях – DMT и ЗПКБ – показывают возможность решения с помощью этого программного комплекса широкого круга проектных задач гидродинамики судов различного назначения. В компании DMT FlowVision используется как основное средство для моделирования буксировочных характеристик судна, характеристик гребного винта и взаимодействия винта и корпуса. В ЗПКБ – для моделирования гидродинамики быстроходных судов, включая расчет угла дифферента и всплытия судна при больших скоростях его движения. Применение средств вычислительной гидродинамики позволяет существенно сократить временные и материальные затраты на проектирование обводов корпуса судна и выбор характеристик движителя.

А. А. Аксенов, В. В. Шмелев,
 компания ТЕСИС (Москва),
А. В. Печенюк, Б. Н. Станков,
 компания Digital Marine Technology (Одесса),
В. Г. Пасечник, Зеленодольское ПКБ (Зеленодольск)

НОВОСТИ

Новая эра мобильной связи

Cisco открывает новую эру мобильной связи, предлагая предприятиям мобильные функции с высоким уровнем безопасности, управляемости и масштабируемости. Эти функции предоставляют предприятиям новые возможности современных технологий и помогают оптимизировать деловые операции. С этой целью Cisco разработала целый ряд интегрированных мобильных решений, которые позволят заказчикам объединять людей и устанавливать надежную связь между географически рас-

пределенными территориями и устройствами.

“Работа не должна зависеть от вашего местоположения. Она должна всецело определяться вашими потребностями и выполняться в любом месте в любое время”, – заявил Алан Коэн, вице-президент отдела мобильных решений Cisco.

Решения Cisco защищают инвестиции заказчика в существующую инфраструктуру голосовой связи и передачи данных. Эти решения предоставляют доступ к ресурсам мобильной сети в любом месте – в комплексе корпоративных зданий (кам-

пусе), в отделениях компании, дома, в дороге.

Чтобы оценить уровень мобильности на предприятиях, Cisco провела независимый опрос руководителей крупного, среднего и малого бизнеса, принимающих ответственные решения. Опрашивались руководители компаний, работающих в Северной Америке, Европе, Азии и на быстро развивающихся рынках.

В ходе опроса оценивались три фактора, которые стимулируют мобильность: “стратегическое видение”, “групповая работа” и “уровень осведомленности”. Оп-

рос под названием Cisco Mobility Quotient позволил оценить преимущества и проблемы мобильности на современных предприятиях.

Основные выводы исследования:

- у большинства предприятий нет долгосрочных планов и стратегий внедрения мобильных технологий;
- на каждом четвертом предприятии не соблюдаются нормативные требования по безопасности проводных и беспроводных сетей;
- большинство компаний не имеет планов согласования критически важных компонентов своей сети.