

намическая компоновка нового экраноплана, выполнена по схеме «составное крыло». Она отработана на экспериментальных установках ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова и его Горьковского филиала и показала возможность обеспечения на ее основе высоких взлетных и полетных характеристик экранопланов.

Область использования экранопланов формировалась, исходя из их скоростных и мореходных качеств. Рассматривались морские, речные, пассажирские, грузопассажирские и грузовые, служебно-разъездные, спасательные и другие экранопланы. В качестве преимуществ новых судов над существующими аналогами представляются высокая крейсерская скорость (от 190 до 280 км/ч), возможность осуществления малого хода при швартовых операциях в портах, круглогодичная эксплуатация. В качестве СЭУ на экранопланах типа ПЭ–8 используется двигатель ВА3–426, а других – авиационные турбо-винтовые двигатели. Коэффициент утилизации по полезной нагрузке 0,23–0,25. Удельная мощность экранопланов зависит от типа используемых двигателей и измеряется в пределах от 58,9 до 128 кВт/т.

Для оценки эффективности работы новых судов выполнены расчеты эксплуатационных показателей СПК «Восход-2», «Метеор» и экраноплана ПЭ–40 на линии протяженностью 300 км. Проведенные расчеты показали преимущества экраноплана типа ПЭ–40 над СПК «Восход-2» и «Метеор» по скорости, провозной способности и расходу топлива за навигацию. Примечательно, что затраты топлива на один пассажирокилометр на экраноплане ПЭ–40 в полтора раза меньше, чем у СПК. Выше изложенное свидетельствует о перспективности использования экранопланов для перевозок пассажиров.

Подводя итоги, можно сделать следующие выводы:

- требуется разработать целевую НИОКР по созданию новых типов скоростных пассажирских судов в различных регионах России;
- необходимо провести маркетинговые исследования потребности в скоростных судах на рынке транспортных услуг и разработать сетку различных типов судов.

Список литературы:

- [1] ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова и ЦНИИМФ «Результаты исследований перспектив применения высокоскоростного флота России» // СПб. 2010.
- [2] www.aks-nn.ru, «АКС-Инвест» инвестиционная акционерная компания судостроителей.
- [3] www.aerohod.ru, Судостроительная компания «Аэроход».
- [4] Любимов В.И., Гаккель А.А., Барышев В.И. Методологические основы комплексного обоснования характеристик пассажирских экранопланов // Вестник ВГАВТ. Вып. 22. Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ». 2007.

Н.В. Огнев, Е.Г. Бурмистров
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КАК ОСНОВА СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА СУДОВ

В статье проанализированы роль имитационного моделирования в современных технологиях проектирования и строительства судов. Определены мировые тенденции развития САПР и АСТПП и принципы их выбора для современных отечественных верфей.

На сегодняшний день компьютерная техника достигла высоко уровня развития, как по качеству, так и по производительности. По сравнению со своими предшест-

венниками ближайших 10 лет производительность персонального компьютера выросла в разы. Это даёт возможность повсеместного использования компьютерных технологий. Тенденции к росту обусловлены прежде всего экономическими факторами, такими как конкуренция и погоня за прибылью путём изыскания всё новых ресурсов для её извлечения, а именно сокращение затрат на производство путём внедрения новых информационных технологий.

Судостроение, не смотря на свою консервативность, не является исключением. Одним из примеров применения новых технологий в судостроении является использование трёхмерных моделей как на стадиях проектирования и согласования проектно-конструкторской документации, так и при строительстве судов и сопровождении их на всём протяжении их жизненного цикла.

Мировые лидеры в области корпусного проектирования, широко применяющие в своем интерфейсе трёхмерное параметрическое моделирование при прокладке трубопроводов, кабельных трасс, насыщение и т.д. в составе корпуса являются разработчики и поставщики на мировой рынок специализированных САПР: «TRIBON», «FORAN», «Nupas Cadmatic», «Ship Constructor» (последний на базе ПО Autodesk), однако существуют и универсальные САПР. Из универсальных систем лидером, безусловно, является «САТИА» (имеет специализированный судостроительный модуль), широко использующая трёхмерные модели, в том числе для расчётов прочности корпуса и отдельных судовых конструкций.

Наиболее продвинутым программным комплексом отечественного производства, использующим трёхмерные модели как основной инструмент проектирования, является «Sea Solution». Это система, в основном предназначена для создания и сглаживания судовой поверхности (fairing) и работ с листовыми конструкциями (в том числе и с наружной обшивкой).

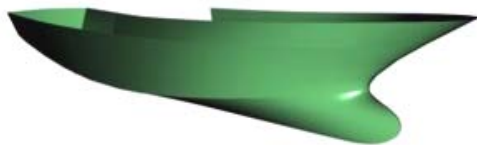


Рис. 1. Трёхмерная модель корпуса судна, выполненная в САПР «Sea Solution»

«Sea Solution» включает в себя функции геометрического моделирования, объектно-ориентированную базу данных, расчётные и интерфейсные модули.

Существенные особенности системы «Sea Solution» заключаются в интерактивном формировании поверхности корпуса судна, определении мест положения палуб, надстроек, платформ и переборок, формировании конструктивных элементов штевней, трассировке трасс трубопроводов, задании и развёртке листовых конструкций (в первую очередь – наружной обшивки) на основе единого математического аппарата *B*-сплайн кривых и *B*-сплайн поверхностей.

Система имеет встроенную систему параметризации, интерфейсные модули для передачи данных в другие системы и позволяет отслеживать изменения, возникающие в процессе проектирования. Вся информация в базе данных структурирована по иерархическому принципу, причём структура иерархии может выбираться пользователем с учётом принятой структуры проектирования и числа рабочих мест в данной организации. Вся выходная документация может быть оформлена при помощи любой системы автоматизированного черчения, воспринимающей формат DXF.

Система «Sea Hydro» использует результаты работы модуля «Поверхность» системы «Sea Solution» и позволяет производить проверочные расчёты по гидростатике, остойчивости, непотопляемости.

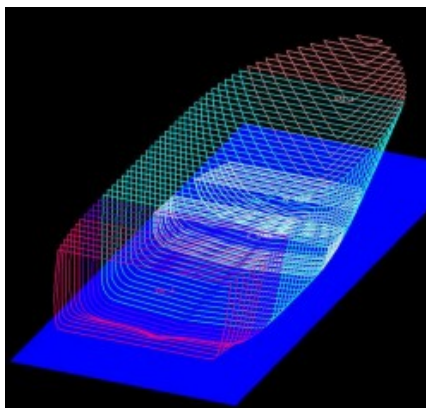


Рис. 2. Трёхмерная модель поверхности теоретического корпуса, выполненная в САПР «Sea Hydro»

«Sea Hydro» не имеет ограничений на форму корпуса и объём входных данных. Система одинаково успешно используется как для обычных судов, так и для многокорпусных судов, плавучих буровых и глубоководных аппаратов.

Отличительной особенностью системы является высокая скорость и точность расчётов и удобный интерфейс, особенно при подготовке исходных данных по помещениям, отсекам и цистернам для расчётов аварийной остойчивости и непотопляемости.

Система имеет большой набор вариантов формирования отсеков и построения из существующих новых, в необходимых для пользователя сочетаниях. Используются все возможные категории затопления отсеков с автоматическим изменением категории в процессе их затопления. Кроме стандартных расчётов, необходимых для одобрения классификационными обществами, система позволяет выполнять дополнительные расчёты для прогнозирования остойчивости судна на ранних стадиях проектирования. Использование данных расчётов позволяет контролировать остойчивость при различных вариантах весовой нагрузки и автоматически выдавать как эпюру весовой нагрузки, так и таблицы весовой нагрузки на любой стадии проектирования.

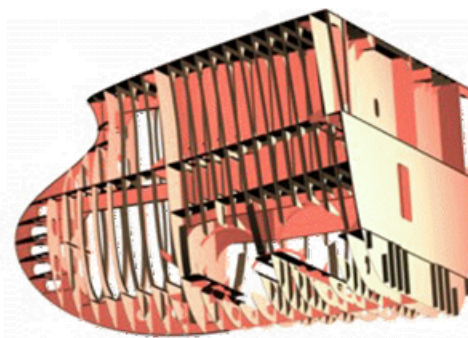


Рис. 3. Трёхмерная модель корпусных конструкций, выполненная в САПР «Ship-K3»

Основное назначение комплекса «SEA SOLID» – моделирование внутреннего судового набора и выдача РКД для изготовления деталей. Дополнительно могут быть решены задачи размещения оборудования, судовых систем и трубопроводов.

САПР «Ship-K3» – система формирования пространственной твердотельной модели корпусной конструкции и других элементов судна. Система работает в единой технологической цепочке с «Sea Solution» и используется для оснащения рабочих

мест проектировщиков и конструкторов, занимающихся проектированием внутренних конструкций и компоновкой судна. Внешний модуль «Fly-K3» позволяет в реальном времени совершить «виртуальную прогулку» по проектируемому судну или вокруг него. Теоретические поверхности передаются в формате DXF. Для оформления чертежей и иной графической документации рекомендуется любая чертежно-графическая система с интерфейсом DXF. В ближайших планах разработчиков данной САПР доработка прямого двустороннего интерфейса между системами.

Для генерации РКД также разработаны различные программные комплексы, например, комплексы, включающие в себя базу данных, написанную в Microsoft Access и настраиваемую под конкретного пользователя. Обмен данными с графическим редактором осуществляется по формату DBF. Эта база содержит различные тесты корректности собранной конструкции, модуль подсчёта заказа материала, модули создания различных ведомостей в формате Microsoft Word. Благодаря сохранению основной информации по конструкции и деталям в формате DBF, система легко интегрируется в САПР и АСТПП, используемые на верфи или в конструкторском бюро.

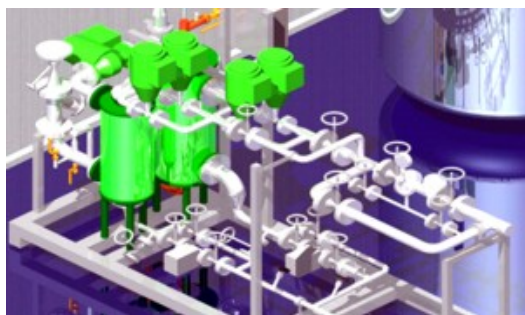


Рис. 4. Трёхмерная модель машинного отделения, выполненная в САПР «SEA SOLID»

Использование САПР «SEA SOLID» позволяет автоматизировать труд инженеров-конструкторов и технологов, обеспечивая высокое качество проектирования конструкций судового корпуса, отвечающее современным мировым требованиям, за счёт предоставления Пользователю следующих возможностей:

- автоматическое задание 3-х основных судостроительных проекций (мидель, бок, план) с расстановкой конструктивных шпаций по всей длине корпуса или по его районам;
- проектирование и редактирование формы и размеров элементов и сборочных единиц судового корпуса, как в составе единой модели корпуса, так и в составе технологических единиц типа секция или блок-секция;
- проверка собираемости и геометрической непротиворечивости судовых конструкций, определение зазоров между деталями, определение размеров пространств в отсеках и возможности доступа к узлам и элементам конструкций;
- вычисление массово-инерционных характеристик всей конструкции в целом и любой отдельно взятой его части с учётом различной плотности материалов;
- размещение оборудования, механизмов, трубопроводов и т.п. внутри спроектированного судна;
- автоматическое получение спецификаций, ведомостей заказа материалов, эскизов на изготовление стандартных профилей и прочей требуемой РКД;
- выпуск РКД (сборочных чертежей секций).

Кроме того, наличие трёхмерной модели конструкции проектируемого судна позволяет выдавать изображение сложных узлов в необходимых ракурсах.

Практически все рассмотренные САПР интегрируются с применяемыми на ведущих верфях автоматизированными системами технологической подготовки производ-

ства (АСТПП). Одной из основных функций любой АСТПП является разработка управляющих программ (УП) для технологического оборудования с ЧПУ. Для этого интегрированные САПР/АСТПП (CAD/CAM) имеют встроенные редакторы УП (см. пример на рис. 5), которые обеспечивают выполнение следующих базовых функций:

- полная проверка корректности УП;
- оперативное исправление выявленных ошибок в графическом режиме;
- редактирование УП для повышения технологичности резки;
- полное переназначение маршрута вырезки для УП;
- автоматическая коррекция УП с удалением малых перемещений, дуг с большими и малыми радиусами, замыканием участков резки;
- назначение маршрута вырезки и выпуск УП для карт раскроя в формате DXF;
- получение карты раскроя в формате DXF из УП, с возможным удалением припуска на резку для последующего перекроя;
- перекодировка УП в различные форматы ESSI и EIA;
- создание форматов для перекодировки с учетом особенностей станков;
- просмотр кодов и изображений УП в выходных форматах ESSI;
- просмотр и сохранение статистической информации для одной или группы УП (длины резов, разметки и холостых переходов, коэффициенты раскроя и т.д.);
- групповой и одиночный вывод УП и карт раскроя на принтер.

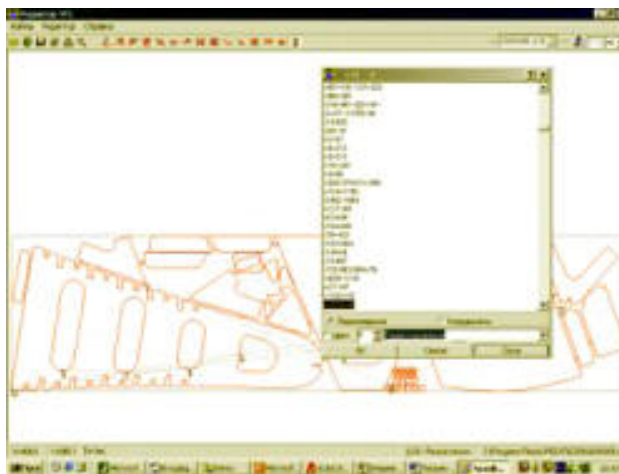


Рис. 5. Диалоговое окно программы раскроя деталей в редакторе УП «NC Editor»

Наиболее полно отвечающей современным тенденциям проектирования в судостроении и имеющей большой потенциал наращивания возможностей по усложнению конфигураций трёхмерных параметрических моделей является программное обеспечение «Nupas-Cadmatic» голландской фирмы Numeric Centrum Groningem B.V. Данный программный продукт зарекомендовал себя как надёжное трёхмерное программное обеспечение, обеспечивающее высокое качество и большую скорость обработки данных. Программный продукт поддерживает процесс создания судна от стадии предварительного проектирования, до процессов конструирования и технологической подготовки производства. При этом важно отметить, что «Nupas-Cadmatic», это больше чем просто удобный 3D CAD/CAM инструмент проектирования. Создав полную цифровую модель проектируемого судна в среде «Nupas-Cadmatic», пользователи (проектант, верфь, судовладелец) приобретают возможность использовать данную цифровую модель как основу системы управления данными на протяжении всего жизненного цикла создания и эксплуатации судна. Благодаря этой возможности, все заинтересованные стороны (судоходные компании, специалисты и руководители верфи, инжиниринговые компании и поставщики оборудования) могут отслеживать

нужную им информацию. Особую ценность такая модель приобретает для экипажа и судоремонтных предприятий. После сдачи судовладельцу готового судна, можно легко связать последующее техническое обслуживание с трёхмерной моделью. Например, экипаж судна сможет легко получать информацию и документацию, необходимую для эксплуатации судна. Модуль «Information Management Solution» обеспечит мгновенный доступ к информации о системах судна и установленном оборудовании. Легко получаются сведения и о расположении и состоянии оборудования, сроках его планового технического обслуживания, перечне ЗиП и т.п. Храня и обновляя всю информацию о судне в 3D-модели, система Nuras-Cadmatic является динамическим решением для всех заинтересованных сторон в течение всего жизненного цикла судна.

При всём изобилии как отечественных так и импортных САПР и АСТПП перед предприятиями решившими подняться на новый производственный уровень стоит сложная задача по выбору системы, которая отвечала бы как существующей организации производства, так и была бы перспективной в плане повышения производительности труда. Для того, чтобы сделать правильный выбор в приобретении современных CAD/CAM систем, необходимо оценить их по ряду показателей, в частности:

- 1) объём и специфика отраслевых стандартов, принятых на предприятии;
- 2) уровень коллективной работы над проектом;
- 3) адаптация к русскому языку;
- 4) уровень организации АСТПП на предприятии;
- 5) степень кооперации с поставщиками оборудования;
- 6) степень кооперации с проектантом.

Объём и специфика отраслевых стандартов, принятых на предприятии, как правило, определяется специализацией предприятия. Кроме того, степень применения ЕСКД зависит от степени кооперации производства и сложности организационной структуры верфи. Данный показатель предъявляет требования к базам данных CAD/CAM-системы и возможности её адаптации к стандартам предприятия.

Уровень коллективной работы определяется сложностью строящегося судна и количеством вовлеченных в проект структурных подразделений подрядчиков, поставщиков и т. д.

Оценка программных продуктов по возможности русификации относятся к программным комплексам зарубежного производства и представляет собой логический перевод и сопровождение команд программы с элементами пояснения и обучения.

К уровню технологической подготовки производства предприятия относятся: степень механизации и автоматизации производства, квалификация рабочего персонала, гибкость производства. Данные характеристики производства накладывают на систему САМ ограничения по использованию управляющих программ.

Степень кооперации с поставщиком оборудования и проектантом сводится к правильному обеспечению процессов взаимодействия внутри предприятий, между предприятиями, заказчиками и контрагентами. Применение информационных технологий в данном сегменте взаимодействия, является тем инструментом, который позволяет существенно повысить эффективность решения задач, в особенности при условии использовании одних стандартов и форматов файлообмена, а в идеале – одного программного обеспечения.

Бесспорным является тот факт, что трёхмерное моделирование в современных САПР и АСТПП стало неотъемлемой его частью. Наиболее продвинутое в этом отношении производители программных продуктов прошли путь от применения трёхмерных моделей для решения частных задач при проектировании судов как сложных инженерных объектов до создания полной параметрической модели судна, позволяющей ставить эксперименты и выполнять расчёты различной сложности. Прогресс не стоит на месте. Сегодня основной концепцией мировых лидеров производства программного обеспечения для судостроения является концепция «Виртуального корабля». Она является и источником конструкторско-технологического описания корабля,

и моделирования операций сборки на стапеле, и источником описания корабля для решения чисто эксплуатационных задач (обучение персонала и задач обслуживания) для выбора оптимальных конструкторско-технологических решений. Это – технологии будущего, которые уже сейчас начинают использоваться передовыми проектными организациями и судостроительными предприятиями.

Список литературы:

- [1] Судостроительная 3D CAD/CAM-система NUPAS-CADMATICS продолжает приятно удивлять своих пользователей новейшими решениями. Интернет: <http://www.korabel.ru/news>.
[2] Журнал САПР и графика «САПР в судостроении». Интернет: <http://www.sapr.ru>.

О.А. Паутова
ОАО «Гидромаш»
Е.Г. Бурмистров
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ВЕРФИ НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНОЙ СХЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассматриваются процедуры построения дискретно-событийных имитационных моделей производственных систем верфи, организации и подготовки производства.

Как правило, имитационное моделирование производственных систем (ПС) основано на прямом описании моделируемого объекта. Существенной характеристикой таких моделей является структурное подобие объекта и модели.

Процесс, протекающий в модели в ходе эксперимента, подобен процессу в реальном объекте. При этом процесс функционирования системы во времени отождествляется с последовательностью событий, возникающих в системе в соответствии с закономерностями её функционирования. Для формального представления информационной системы при имитационном моделировании обычно используется схема с дискретными событиями. В формальное понятие «событие» при этом вкладывается конкретное смысловое содержание, определяемое целями моделирования.

Ценным качеством имитации является возможность управлять масштабом времени. Динамический процесс в имитационной модели протекает в так называемом системном времени. Пересчёт системного времени в модели можно выполнять двумя способами. Первый заключается в «движении» по времени с некоторым постоянным шагом Δt , второй – в «движении» по времени от события к событию. Считается, что в промежутках времени между событиями в модели изменений не происходит.

Для построения имитационной модели ПС необходимо определить события, при которых может изменяться состояние системы, а затем воспроизводятся с помощью упорядоченной во времени последовательности событий, в каждом из которых, согласно логической процедуре, моделируются изменения состояния системы.

Состояние ПС в дискретно-событийной модели определяется значениями переменных и атрибутов компонентов, принадлежащих различным классам. Начальное состояние ПС устанавливается с помощью задания начальных значений переменных модели, генерации (при необходимости) начальных компонентов системы, а также с помощью начального планирования событий в модели. В ходе имитации система «движется» от состояния к состоянию по мере того, как компоненты участвуют в дей-