Решения для судостроения на платформе Autodesk (ShipConstructor, ShipModel)

Немногие знают, что трехмерное проектирование в сфере судостроения не является делом принципиально новым. Еще во времена Петра Великого основным документом в проекте корабля являлась адмиралтейская модель (рис. 1). Концепция теоретического чертежа, то есть моделирование сложной формы в виде плоских сечений, практически отодвинула возвращение к трехмерному проектированию до наступления компьютерной эры. Таким образом, переход на современные технологии информационной модели изделия, в основе которой лежит CAD-модель, это ничто иное, как возвращение к истокам.

Может показаться, что отечественных судостроителей не надо агитировать за программные продукты Autodesk. На AutoCAD многие перешли с кульмана в те стародавние времена, когда еще "ничего не было", то есть когда в отечественной практике никаких специализированных судостроительных САПР вообще не применялось. AutoCAD (версий с 10 по 13) в качестве "электронного кульмана" хорошо вписался в концепцию плоского проектирования в тот момент, когда компьютерное трехмерное моделирование представлялось делом будущего (пусть ближайшего), но не повседневной нормой для проведения проектно-конструкторских работ.

Если использование систем автоматизированного проектирования убило рынок кульманов, то повсеместное использование AutoCAD в судостроении сделало историей натурный плаз. Применение прикладных программных приложений на языке Autolisp позволило использовать стандартные методы начертательной геометрии в плазовых работах, выполняемых с помощью компьютерных технологий.

В дальнейшем возникли два принципиально разных подхода к использованию программного обеспечения в области проектирования.

Первый подход – использование судостроителями тяжелых специализированных систем и попытки закрыть такой системой весь объем проектно-конструкторских работ. Считалось, что если система не работает как должно, то есть не обеспечивает требуемой эффективности, то это происходит по той причине, что многие вещи делаются не в ней, а в старом добром AutoCAD или с помощью других программных средств. На самом деле, опыт ведущих зарубежных предприятий опровергает этот тезис. Ни одно крупное предприятие не работает

Рис. 1. Модель Санкт-Петербургской судомодельной галереи (www.shipmodel.ru). Фото Александра Галкина

в одной системе, и надо ли вообще к этому стремиться – вопрос спорный. Так, флагман отечественного судостроения – предприятие с трехсотлетней историей, имея практически неограниченное количество лицензий одной из наиболее распространенных в мире судостроительных САПР, не отказался от использования универсальных и машиностроительных систем легкого и среднего уровня. Среди последних большая доля приходится на продукты Autodesk. Однако платформе AutoCAD отводится роль подмастерья – доводить оформление чертежей.

Второй подход заключается в попытке расширения функционала AutoCAD путем написания прикладных приложений на его платформе. Некоторые подобные разработки не просто выросли в самостоятельные средства САПР, но и были доведены до коммерческого использования, то есть стали продаваемыми программными продуктами. Среди них автоматизированная система "Ритм – Судно" (ЦТСС (ЦНИИ ТС)) и другие ей подобные.

Отдельной строкой следует отметить программный комплекс ShipModel (CSoft – Бюро ESG, автор – Ю. Платонов), который предназначен для решения проектно-конструкторских задач и задач технологической подготовки (в том числе и плазовой) судостроительного производства и функционирует в среде AutoCAD или Autodesk Mechanical Desktop.

Анализируя успешный зарубежный опыт, можно выделить также систему ShipConstructor, адаптированную к задачам судостроительного производства.

Базируясь на графической платформе Autodesk, система успешно конкурирует с ведущими специализированными судостроительными системами и является стандартом в области судостроительного проектирования в Канаде и США, успешно внедряется в развивающихся судостроительных регионах (Бразилия, Китай), активно используется в странах Юго-Восточной Азии (Корея, Япония), где традиционно сильны позиции системы TRIBON.

О месте AutoCAD в судостроительном проектировании

Общение с отечественными судостроителями и опыт корпоративного обучения по продуктам Autodesk позволяют сделать вывод, что отношение многих судостроителей к САПР Autodesk можно сформулировать следующим образом: Autodesk – это AutoCAD, а AutoCAD – не более чем плоская чертилка с неудовлетворительной 3D-частью. Стереотипы живучи, но подобное представление об AutoCAD соответствует положению вещей пяти-шести летней давности, и в силу данного обстоятельства это представление неверное.

Если рассматривать базовый AutoCAD версий 2000-2006, то 3D-часть этих версий действительно можно считать неадаптированной к задачам судостроения. Из поверхностей – только сети (Mesh), никаких объектов двоякой кривизны в твердом теле (Solid). При этом плоская составляющая AutoCAD с точки зрения набора команд построения и редактирования и общего количества объектов "графических примитивов" принципиально не изменилась.

Представим некоторые новые возможности версий AutoCAD 2010, 2011 в сравнении с линейками 2000, 2004, 2007, которые могут представлять интерес для судостроения.

В части 2D-графики:

- преобразование сплайнов в полилинии;
- плоская параметризация (возможность наложения геометрических и размерных зависимостей).

В части 3D-графики:

- сглаживание сетей (преобразование поверхности типа Mesh в гладкую поверхность);
- создание твердого тела (Solid) сложной формы с применением операции протяжки по сечениям;
- создание твердого тела сложной формы с применением операции сдвига;
- преобразование поверхности в гладкое тело;
- создание тонкостенной твердотельной оболочки на базе поверхности.

При использовании AutoCAD 2007, 2008 исключительно для плоского моделирования, разумеется, не возникает проблемы совместимости форматов. Никто не запрещает КБ-проектанту передавать заводу-строителю плоские чертежи с сохранением "вниз" (DWG 2004). Но если аналогичную операцию проделать в версии 2010, то уже возможна потеря данных по геометрии объектов. В те же самые, например, полилинии (Poliline) и сплайны (Spline) AutoCAD 2010, 2011 заложена другая математика. Таким образом, затраты на переход на новые версии не просто оправданы, а рано или поздно окажутся неизбежными (либо придется отказываться от AutoCAD и переходить на что-либо другое).

При использовании AutoCAD в качестве дополнения к тяжелой системе САПР (особенно если речь идет о системе специализированной) самым важным является вопрос не техники, а идеологии. В наиболее распространенных в России судостроительных системах заложена концепция информационной модели изделия (объекта производства). В основе такой модели лежит 3D CAD-модель, и эта модель является основой (первоисточником) проектных данных. Плоский чертеж, полученный на основе такой модели и переданный через формат DWG (DXF) в AutoCAD (рис. 2), будет приведен в соответствие с требованиями ЕСКД и ГОСТ и пойдет гулять по предприятию (чаще всего в бумажном виде), собирая замечания и согласующие подписи. Именно такой объект (оторванный от информационной модели изделия) в соответствии с отечественными традициями проектирования и конструирования является официальным документом (а не информационная модель). Многие проблемы эффективности использования судостроительных САПР заключаются именно в том, что идеология этих систем полностью не принята! Что же делать в таком случае? Отказываться от AutoCAD для оформления чертежей и делать это напрямую в основной системе? Нецелесообразно, так как стоимость эксплуатации рабочего места легкой САПР (AutoCAD) несоизмеримо меньше. Путь здесь возможен только один: информационная модель объекта проектирования в базовой системе САПР, прежде чем с нее будет получена рабочая документация по проекту, должна стать наиболее полной. В этом могут помочь имеющиеся на предприятии лицензии AutoCAD, при условии что в последнем разрабатываются отдельные компоненты трехмерной модели. Последние версии TRIBON и FORAN позволяют (в формате SAT и др.) принимать твердотельные 3D-объекты без потерь геометрической информации.

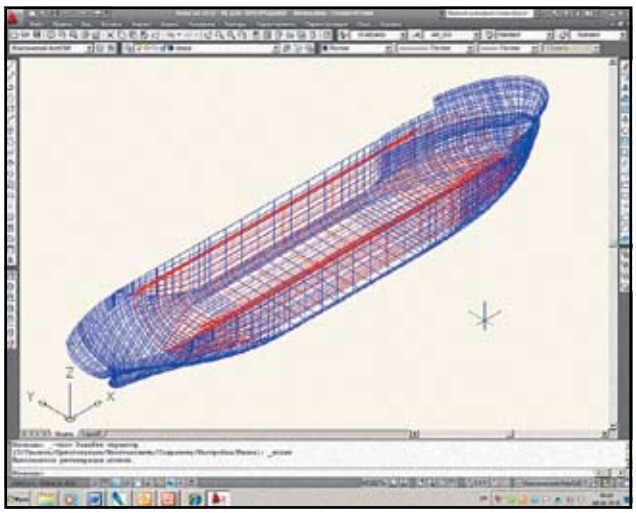

Рис. 2. Модель поверхности корпуса судна, переданная из TRIBON M3 в AutoCAD в формате DXF

Еще раз подчеркнем: AutoCAD – это уже давно не та "плоская чертилка", к которой все привыкли. Как и другие продукты Autodesk, он полностью отвечает требованиям концепции "Цифрового прототипа", то есть информационной модели объекта проектирования.

О применимости неспециализированных САПР в судостроении

Многие судостроители, не имея в своем распоряжении тяжелых специализированных систем, активно используют иные САПР, которые принято относить к общемашиностроительным системам. Значительную долю таких систем представляют продукты Autodesk. Не стоит бояться применять в судостроении несудостроительную систему, ибо система в первую очередь должна учитывать вовсе не специфику судостроительного производства, а прежде всего особенности самого объекта судостроения как такового. Что отличает такой объект? Сложная геометрия обводов корпуса (рис. 3), насыщенность проекта (наличие сложных общекорабельных систем), либо и то, и другое.

Рис. 3. Пример корабля с нестандартными обводами корпуса (проект HSV-2 Swift, ВМС США, выполнен в САПР ShipConstructor)

САПР, которые причисляют к машиностроительным, "не знают", что такое корабль. Но при этом и не знают, что такое насос, компрессор, редуктор и т.п. (то есть любой объект машиностроения) – система оперирует своими понятиями: "графический примитив", "команда", "операция" и т.д. Любые средства САПР, учитывающие особенности объекта судостроения, пригодны и применимы.

Разумеется, мы здесь никого не призываем проектировать, предположим, обводы корпуса в базовом AutoCAD – для этого есть свои средства. Однако, как уже отмечалось выше, какая-либо "надстройка", расширяющая функционал команд AutoCAD, например ShipModel, позволяет это делать. То есть математика, заложенная в систему, и объекты, присутствующие в системе, позволяют решать специфические задачи судостроения. В базовой платформе не хватает только определенного набора команд.

В настоящее время в отечественном судостроении наблюдается повышенное внимание к тяжелым системам несудостроительного профиля, таким как CATIA, NX и др. Причины этой тенденции видятся в желании проектировщиков, во-первых, чтобы корпусные конструкции сложной формы были осязаемыми (то есть в виде твердого тела, с учетом толщины обшивки и физических свойств материала) и, во вторых, чтобы все компоненты модели (включая элементы оборудования и систем) были представлены в виде структурированной сборки.

Если обводы корпуса были смоделированы в старой специализированной системе, то сложная геометрия описывается, прежде всего, математикой системы, то что мы видим на экране – это визуализация. На выходе мы можем получить набор сечений и работать с ними (в плоскости). Если речь идет, например, о развертке листа обшивки, то такая развертка получается "в теории". Модель не учитывает толщину материала и его физику. В тяжелой системе, которую принято относить к машиностроительной, развертка такой детали – это развертка твердого тела, то есть она произведена с большей точностью.

Что же касается сборок, то считается, что чем тяжелее и дороже система, тем большее количество компонентов сборки она способна поддерживать. Это представление безнадежно устарело. В настоящее время предельно возможные объемы сборок определяются не используемой САПР, а мощностью задействованных аппаратных средств, мощность же современной компьютерной техники наращивается практически без каких-либо ограничений.

Объективно понятно, что затраты на приобретение тяжелой системы складываются не только из стоимости лицензий и аппаратных средств, но и (что немаловажно) из расходов на обучение персонала, на котором экономить нельзя. Общие затраты на внедрение тяжелой САПР могут быть сопоставимы со стоимостью лицензий данной САПР (и даже превышать ее), и это является нормальной практикой.

Прежде чем считать затраты на приобретение и внедрение неспециализированной системы высокого уровня, следует обратить внимание на уже хорошо зарекомендовавший себя Autodesk Inventor.

Autodesk Inventor — система трехмерного твердотельного проектирования и наиболее мощное решение Autodesk для инженеров-машиностроителей, ставшее за последние годы самой продаваемой трехмерной машиностроительной системой в мире. Пакет поставляется в составе комплексов AutoCAD Inventor Suite 2011 (в прошлом Autodesk Inventor Series), AutoCAD Inventor Simulation Suite 2011, AutoCAD Inventor Routed Systems Suite 2011 и AutoCAD Inventor Professional 2011.

Autodesk Inventor 2011 — это семейство продуктов для машиностроительного и промышленного

Рис. 4. Фрагмент модели набора корпуса парусно-гребного лунта "Светлана" (проект разрабатывается только средствами AutoCAD Inventor Professional Suite, проектировщик Алексей Рябоконь)

3D-проектирования, включающее в себя средства моделирования, создания инструментальной оснастки и обмена проектными данными (рис. 4). Являясь основой технологии цифровых прототипов, Autodesk Inventor позволяет создавать изделия более высокого качества за меньшее время.

Применение цифровых прототипов для конструирования, визуализации и тестирования продукции помогает более эффективно обмениваться проектной информацией, сокращать количество ошибок, быстрее выводить инновационные изделия на рынок.

Перечислим некоторые возможности Autodesk Inventor, представляющие интерес для судостроения:

- ***Средствами Autodesk Inventor создаются геометрические элементы любой сложной формы*** путем комбинирования простейших тел и поверхностей. Пользователь полностью управляет характеристиками форм, такими как гладкость сопряжения и непрерывность.
- ***Инструмент Скульптор.*** Данный инструмент позволяет модифицировать твердотельные модели с помощью поверхностей — как созданных в Inventor, так и импортированных из других систем. Существует также возможность создавать новые 3D-тела из набора поверхностей, образующих замкнутый объем.
- ***Анализ качества поверхностей.*** Благодаря встроенным средствам анализа можно создавать модели с поверхностями высокого качества.
- ***Проектирование сложных деталей из листового материала.***
- ***Создание разверток детали, точно соответствующих технологическим возможностям оборудования.*** Разверткой детали можно управлять с помощью стилей, которые определяют такие параметры, как толщина материала, правила гибки и др. При получении разверток в Inventor могут использоваться линейное развертывание, заданные пользователем правила, а также пользовательские таблицы гибки.
- ***Моделирование переходных форм.*** Данные средства моделирования дают возможность проектировать детали для воздуховодов, загрузочных устройств, вытяжных колпаков и других изделий, изготавливаемых путем кромкогибочного прессования или штамповкой.
- ***Работа с большими сборками.***
- ***Преимущества 3D-проектирования в полной мере проявляются при работе со сложными изделиями,*** которые содержат большое количество компонентов. Упростить обработку таких изделий можно, преобразуя узлы в упрощенные модели деталей или в модели, составленные из поверхностей и из-за этого занимающие минимальный объем памяти. Кроме того, для управления требованиями к памяти и производительностью работы применяются уровни детализации. Существует специальный индикатор, указывающий, сколько свободной памяти доступно.
- ***Сварка.*** Моделирование сварных швов в 3D-среде реально представляет процессы разделки, сварки и пост-обработки. Существует возможность расчета сварной конструкции и объема валика сварного шва. Кроме того, можно автоматически создавать 3D-модели сварных швов и ассоциативно отображать и обозначать их на чертежах в соответствии с заданными стандартами.
- ***Интеграция с AutoCAD и совместимость с форматом DWG.*** Inventor предоставляет пользователям AutoCAD все преимущества технологии цифровых прототипов, позволяя им наследовать имеющиеся наработки, подготовленные в AutoCAD в формате DWG.
- ***Трансляторы данных.*** Трансляторы позволяют открывать файлы других форматов, предоставляемые поставщиками и заказчиками.
- ***Поддержка прямого импорта и экспорта файлов*** CATIA V5, JT 6, JT 7, Parasolid и GRANITE, а также прямого импорта файлов UGS-NX, SolidWorks, Pro/E и SAT.
- ***Проверка моделей.*** Inventor имеет специальную среду для проверки и исправления импортированной 3D-геометрии. Она оснащена специализированными инструментами для анализа и исправления моделей, импортированных из форматов STEP и IGES.
- ***Наличие среды, содержащей полный набор инструментов проверки, редактирования и автоматизированного исправления изолированных объектов*** – тел, поверхностей, каркасов и точек. Исправленные данные принимаются в Inventor в качестве 3D-моделей деталей, поверхностей и объемных каркасов.
- ***Открытый интерфейс прикладного программирования (API).*** Производительность работы можно значительно повысить, автоматизировав процессы проектирования и выпуска рабочей документации. Inventor содержит хорошо документированный интерфейс прикладного программирования, с помощью которого можно ав-

томатизировать выполняемые задачи и создавать дополнительные атрибуты для моделей Inventor.

Специализированные программные средства на графической платформе Autodesk

Программный комплекс ShipModel (рис. 5) позволяет выполнять весь комплекс плазовых работ. Команды ShipModel ориентированы на выполнение следующих операций:

- формирование теоретической и конструктивной трехмерной модели поверхности корпуса судна плазового качества;
- расчет теоретических и практических шпангоутов, ватерлиний, батоксов и произвольных сечений;
- формирование таблиц плазовых координат, теоретического чертежа и растяжки/развертки наружной обшивки (НО);
- прецизионная развертка неплоских корпусных деталей без ограничений на сложность формы разворачиваемых объектов;
- расчет данных и выпуск документации для изготовления оснастки;
- выпуск контуровочных (разметочных) эскизов, малок установки шпангоутов, ребер жесткости, платформ, переборок и других элементов судовых конструкций);
- выдача различной дополнительной информации (размеров, площадей, координат, длин и др.).

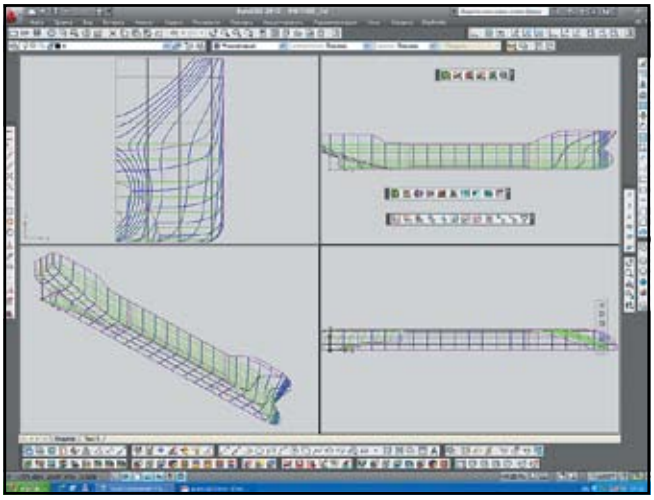

Рис. 5. Интерфейс программного комплекса ShipModel

Важной отличительной особенностью ShipModel является поддержка всех возможных типов 3D-моделей – каркасных, поверхностных и твердотельных. Для каждого из типов существует своя техника их создания и редактирования. Кроме того, ShipModel содержит средства преобразования плоского теоретического чертежа в каркасную 3D-модель, а каркасную – в поверхностную и наоборот.

Перечисленные возможности программного комплекса позволяют эффективно формировать в нем модели корпуса и корпусных конструкций с последующей их передачей в другие системы. В настоящее время ShipModel содержит input/output-интерфейсы

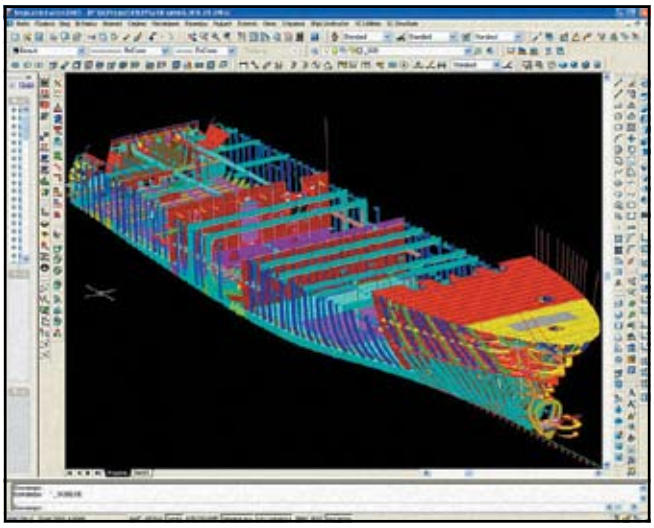

Рис. 6. Фрагмент трехмерной модели судна созданный в системе ShipConstructor. Судоверфь Hotchya Shipyard (www.hotchya.ru)

с системами FORAN, TRIBON, CATIA, ShipConstructor, ПК-ПЛАЗ и другими, поддерживающими форматы DXF, DWG, IGES, STEP, SAT.

Многие специалисты, работающие в сфере судостроения или судоремонта, не раз задумывались над тем, как распространить средства построений, имеющиеся в графическом редакторе AutoCAD, на процесс моделирования судна. Таким пожеланиям в полной мере отвечает система ShipConstructor.

ShipConstructor дает возможность осуществлять весь комплекс проектно-конструкторских работ судостроительного предприятия и позволяет получать всю необходимую информацию для судостроительного производства (рис. 6).

На сегодняшний день в состав системы входят следующие модули:

- ***ProductHierarchy*** – управление стратегией постройки;
- ***Manager*** – администрирование базы данных, включая управление правами доступа к частям модели;
- ***Structure*** – управление структурой проекта;
- ***Hull*** – проектирование судовой поверхности и конструкций корпуса;
- ***Equipment*** – управление каталогом оборудования, расстановка элементов оборудования в модели;
- ***Pipe*** – проектирование трубопроводов, управление базой данных соединительных элементов;
- ***HVAC*** – проектирование систем вентиляции, отопления, кондиционирования (с проработкой изоляции);
- ***Penetrations*** – анализ пересечений между объектами модели с внесением соответствующих изменений (например, отверстий);
- ***Nest*** – раскрой листовых деталей в автоматическом или ручном режиме;
- ***ProfileNest*** – раскрой профильного материала;
- ***NC-Pyros*** – формирование управляющих программ вырезки, разметки и маркировки раскроенных деталей;
- ***FlyThrough*** – визуализация модели (модуль интегрирован с продуктом Autodesk NavisWorks);
- ***ProjectSplit&Merge*** – разделение базы данных проекта или объединение баз данных проектов;

- ***Reports*** – генератор отчетов;
- ***WeldManagement*** – управление сборкой и сваркой;
- ***Electrical*** – проектирование кабельных трасс и размещение электрооборудования.

ShipConstructor обладает средствами разработки приложений (ShipConstructor API), которые позволяют пользователям адаптировать и расширять систему под свои конкретные условия.

Безусловным преимуществом системы является ее многоуровневость. При этом пользователь имеет возможность брать столько функционала, сколько ему требуется.

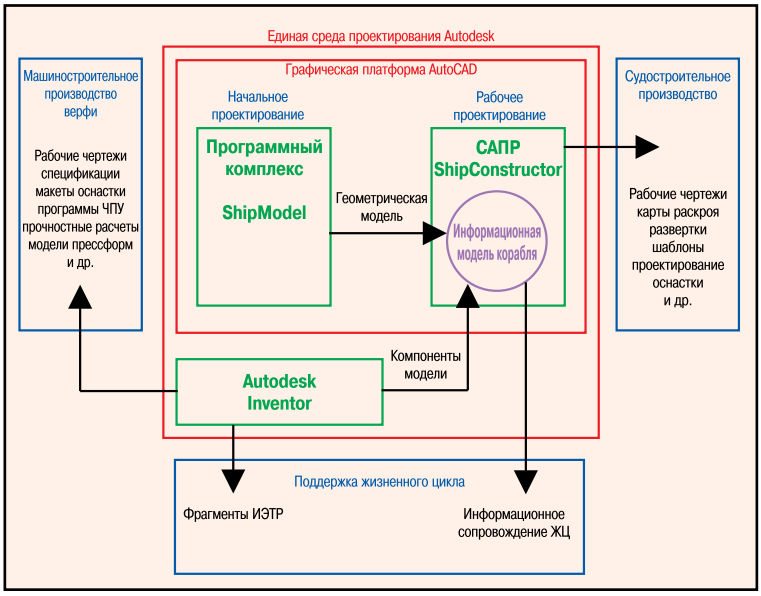

Рис. 7. Схема совместного использования средств САПР на базе Autodesk в судостроительном проектировании и производстве

Схема совместного использования САПР на базе Autodesk в судостроении

Предлагаемая схема базируется на идеологии "цифровых прототипов" Autodesk и предполагает использование базовых решений компании в качестве графической платформы и единой среды проектирования/конструирования. Система взаимодействия средств САПР в процессах проведения проектно-конструкторских работ, технологической подготовки производства и информационного сопровождения этапов жизненного цикла изделия (объекта производства) графически представлена на рис. 7.

Программный комплекс ShipModel позволяет проектировать обводы корпуса судна и выполнять весь комплекс плазовых работ. Модель из ShipModel в систему ShipConstructor может быть передана без потери данных и без искажения геометрической информации, так как используется единая графическая среда – AutoCAD.

Концепция специализированной судостроительной системы ShipConstructor фактически не отличается от идеологии, заложенной в традиционно применяемых судостроительных системах, и основывается на создании единой информационной модели корабля. Система дает возможность осуществлять весь комплекс проектно-конструкторских работ судостроительного предприятия и позволяет получать всю необходимую информацию для судостроительного производства.

Компоненты информационной модели, а именно модели устройств, оборудования, дельных вещей, элементов судовых систем и насыщения, могут быть переданы в ShipConstructor из системы Autodesk Inventor. Причем система позволяет не просто выполнять макетирование указанных объектов, но и осуществлять полный комплекс работ по проектированию объектов корабельного машиностроения и выдавать комплект документации для машиностроительного производства судостроительного предприятия.

Собственные средства визуализации Autodesk Inventor позволяют разрабатывать компоненты интерактивных электронных технических руководств высокого уровня для информационного обеспечения этапов жизненного цикла объекта производства.

Безусловным преимуществом указанной схемы являются единая среда проектирования Autodesk и базовая графическая платформа AutoCAD. Судостроитель, имеющий навыки опытного пользователя AutoCAD, уже на 50 % готов к работе в системах ShipModel и ShipConstructor. Если специалист, владеющий AutoCAD, имеет опыт работы в TRIBON или FORAN, он готов к использованию ShipConstructor на все 80 %. Специалист-машиностроитель, владеющий любой так называемой машиностроительной системой, легко обучается работе в Inventor.

Сделаем краткое резюме:

1. При использовании на судостроительном предприятии AutoCAD и других продуктов Autodesk, таких как Inventor, 3DS Max и др., не только целесообразно, но и часто необходимо иметь в распоряжении их последние, самые новые, версии.
2. Рекомендуем использование программного комплекса ShipModel в проектно-конструкторских работах как КБ, так и верфи.
3. Вне зависимости от того, какая специализированная система САПР является на предприятии базовой, или если таковая вообще отсутствует, считаем целесообразным обратить повышенное внимание на систему САПР ShipConstructor. Использование данной системы (пусть даже в качестве вспомогательной) существенно повышает конкурентоспособность предприятия.
4. Внедрение средств САПР или оптимизация системы взаимодействия имеющихся САПР должны начинаться с принципиально важного шага, а именно – с комплексного повышения квалификации персонала.

Эдуард Плоткин, заместитель генерального директора, ОАО "Невское ПКБ",
Алексей Рябоконь, ведущий инженер по САПР в машиностроении и судостроении,
Юрий Платонов, главный конструктор по САПР, ООО "СиСофт – Бюро ЕСГ"

CSoft
группа компаний
БЮРО ESG

Решения компании CSoft - Бюро ESG для судостроительной отрасли

- Программное обеспечение Autodesk
- Программное обеспечение ИНТЕРМЕХ
- Программное обеспечение ShipConstructor
- Программное обеспечение ShipModel
- Библиотека нормативов "NormaCS – ЛОТ"
  Система нормативов и стандартов по судостроению и машиностроению

www.esg.spb.ru
www.csoft.spb.ru
www.normacs.ru

Санкт-Петербург
ул. Белоостровская 28
т. (812) 496-6929
ф. (812) 496-5272
Email: esg@csoft.spb.ru