

# Опыт внедрения программного комплекса ShipModel на судостроительных предприятиях

**П**рограммный комплекс ShipModel<sup>1</sup>, который является логическим продолжением и развитием в среде ОС Windows модулей "МОДЕЛЬ" и "ОСНАСТКА" DOS-системы "РИТМ-Корпус", был зарегистрирован в 2000 году в Роспатенте (регистрационный № 2000611343 от 22.12.2000). Этот комплекс функционирует в AutoCAD или AutoCAD Mechanical Desktop, причем в AutoCAD Mechanical Desktop, входящем в состав Autodesk Inventor, функциональные и особенно интерфейсные возможности ShipModel значительно выше. В 2004 году программный комплекс был интегрирован в PDM/PLM-систему TDMS<sup>2</sup>.

## Краткое описание средств ShipModel по созданию и обработке 3D-моделей корпусных конструкций

Программный комплекс ShipModel позволяет осуществлять:

- формирование теоретической и конструктивной трехмерной модели поверхности корпуса судна плазового качества с любой сложностью формы судовых корпусных обводов;
- расчет теоретических и практических шпангоутов, ватерлиний, батоксов и произвольных сечений;
- расчет (трассировку) конструктивных линий корпуса судна (пазов, стыков, линий притыкания палуб, платформ, переборок, выгородок, набора и т.п.);
- формирование таблиц плазовых координат, теоретического чертежа и растяжки/развертки наружной обшивки;
- разбивку модели корпуса судна на

сборочные единицы, моделирование элементов конструкции корпуса судна и расчет геометрии корпусных деталей;

- прецизионную развертку неплоских корпусных деталей без ограничения на сложность формы разворачиваемых объектов с отображением на развертках следов конструктивных линий, вырезов, приклада гибочных шаблонов и др.;
- расчет данных и выпуск документации по изготовлению оснастки (гибочных шаблонов, каркасов и др.) для гибки листовых и профильных корпусных деталей и схем их установки;
- расчет данных и выпуск документации по изготовлению и настройке сборочно-сварочных индивидуальных и универсальных (коксовых) постелей (схемы установки лекал, проектирование деталей лекальных постелей, разработка данных для установки коксов);
- расчет данных и выпуск документации по сборке секций (расчет базовых и контрольных линий, контурочных (разметочных) эскизов, малок установки шпангоутов, ребер жесткости, платформ, переборок и подобных элементов судовых конструкций);
- выдачу различной дополнительной информации (размеров, площадей, координат, длин и др.);
- 3D-макетирование корпусных конструкций и насыщенных помещений типа "Машинно-котельного отделения" (МКО);
- разработку проектно-конструкторской документации.

## Средства создания 3D-моделей

ShipModel поддерживает три типа трехмерных моделей: каркасные, поверхностные и твердотельные, для каждого из которых существует своя техника создания и редактирования.

Каркасная модель (wire-frame) представляет собой скелетное описание 3D-объекта. Она не имеет граней и состоит только из точек, отрезков и кривых, описывающих ребра объекта (рис. 1).

Моделирование с помощью поверхностей является более сложным процессом, так как здесь описываются не только ребра 3D-объекта, но и его грани. ShipModel строит поверхности на базе многоугольных сетей (mesh). Поскольку грани сети являются плоскими, представление криволинейных поверхностей производится путем их аппроксимации. Криволинейные NURBS-поверхности создаются средствами Surface (приложение к AutoCAD, входящее в состав AutoCAD Mechanical Desktop). Пример поверхностной модели приведен на рис. 2.

Моделирование с помощью тел — это простой в использовании вид 3D-моделирования. ShipModel на основе средств AutoCAD по моделированию тел позволяет создавать трехмерные объекты из базовых пространственных форм: параллелепипедов, конусов, цилиндров, сфер, торов и тел вращения. Из этих форм путем их объединения, вычитания и пересечения строятся более сложные пространственные тела. Кроме того, тела можно строить, сдвигая 2D-объект вдоль заданного вектора или вращая его вокруг оси. С помощью приложений к AutoCAD, входящего в состав пакета AutoCAD Mechanical Desktop, форму и размеры тел

<sup>1</sup>[www.shipmodel.esg.spb.ru](http://www.shipmodel.esg.spb.ru)

<sup>2</sup>[www.csoft.ru/catalog/soft/version\\_22832.html?tmp=11780914532](http://www.csoft.ru/catalog/soft/version_22832.html?tmp=11780914532)

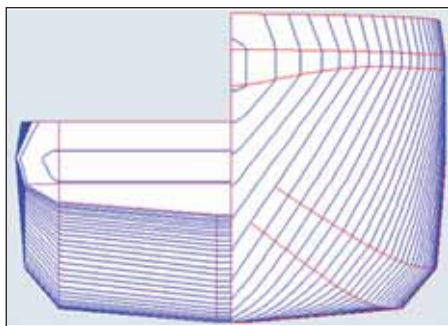


Рис. 1. Каркасная модель



Рис. 2. Поверхностная модель

можно задавать параметрически, поддерживая связь между 3D-моделями и генерируемыми на их основе двумерными видами (рис. 3).

Кроме того, ShipModel содержит средства преобразования плоского теоретического чертежа в каркасную 3D-модель, а каркасную – в поверхностную, и наоборот.

Перечисленные возможности позволяют эффективно формировать в ShipModel модели корпуса и корпусных конструкций с последующей их передачей в другие системы. Часто практикуется и передача моделей корпусных конст-

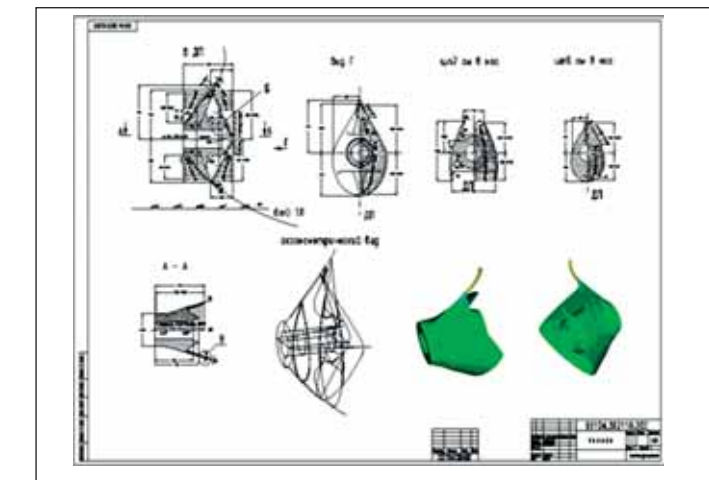


Рис. 3. Твёрдотельная модель и 2D-виды, сгенерированные на ее основе

рукций сложной геометрии из других систем для обработки средствами ShipModel. В настоящее время ShipModel содержит input/output-

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

### Средства обработки 3D-моделей

Для обработки корпусных конструкций сложной геометрии в ShipModel используются средства трассировки конструктивных линий (пазов, стыков и т.п.), формирования развертки криволинейных поверхностей произвольной кривизны и конфигурации, а также расчета гибочной и сборочной оснастки.

Средства трассировки базируются на командах пересечения (реализованы все

виды пересечений и измерений геометрических характеристик), расчета линий по растяжке от базовых линий и расчета инвариантных линий поверхности (геодезические, изогональные и тому подобные линии).

К средствам формирования развертки криволинейных поверхностей произвольной кривизны и конфигурации относятся команды прецизионной развертки, а также прямого и обратного отображения конструктивных линий поверхности на плоскость/развертку. В процессе развертывания анализируются кривизна и толщина листов и выдаются технологические рекомендации (например, назначить припуск на гибку или расстыковать деталь). Кроме того, производится автоматическая компенсация гибочных деформаций и выдаются размеры прямоугольника ограничения, на основе которых принимается решение о допустимости использования заказанного листового проката. Именно это, а также тот факт, что за многолетний опыт эксплуатации на более чем двадцати предприятиях отрасли не было выявлено ни одного случая брака, позволяет нам называть данную команду прецизионной.

ShipModel содержит средства формирования гибочной оснастки – гибочных шаблонов, каркасов и схем их установки (рис. 4). На рис. 5 и 6 показаны варианты оснастки для сборки секций (контуровочный/разметочный эскиз, эскиз для разметки базовых линий и эскиз настойки универсальной/коксовой постели).

Поскольку зарубежные системы, такие как FORAN, TRIBON, ShipConstructor и др., ориентированы на обязательную разметку в процессе резки листового проката следов притыкиваний корпусных конструкций, состав их гибочно-сварочной оснастки несколько иной. Например, не рассчитываются контуровочный/разметочный эскиз и эскиз для разметки базовых линий. Для отечественных

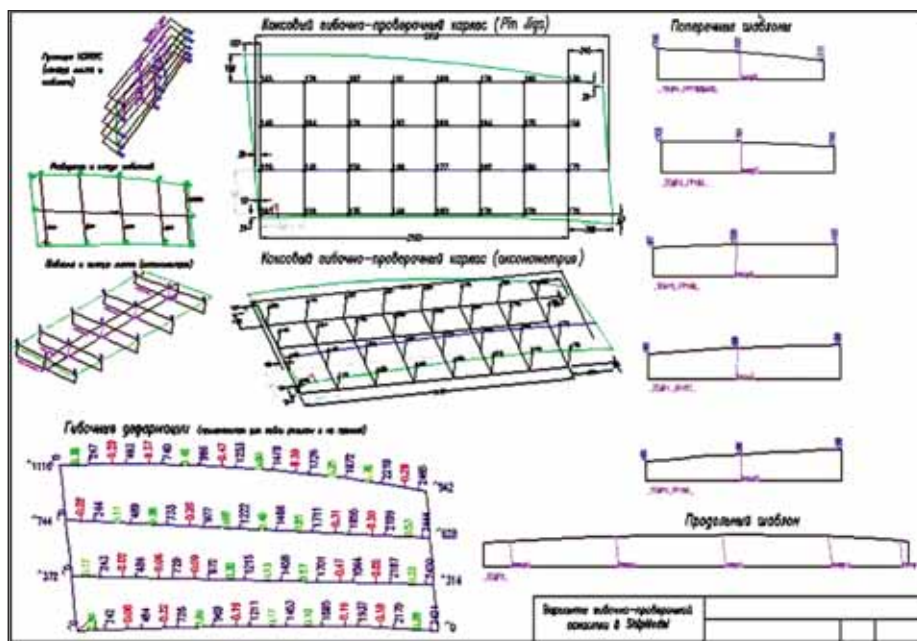


Рис. 4. Примеры гибочной оснастки: шаблоны, каркасы и RACK-lines

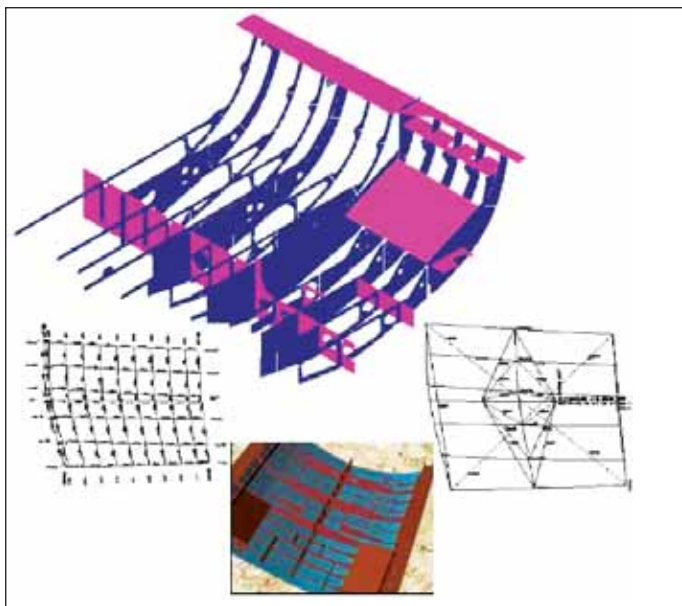


Рис. 5. Сборочная оснастка (контуровочный/разметочный эскиз и эскиз для разметки базовых линий)

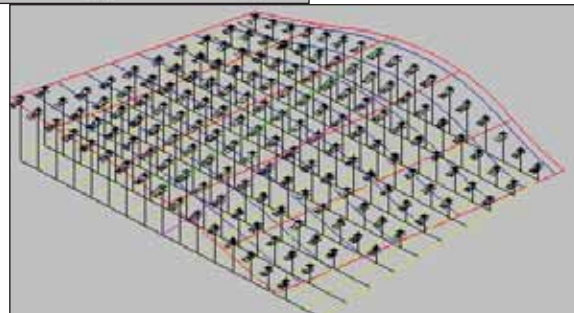
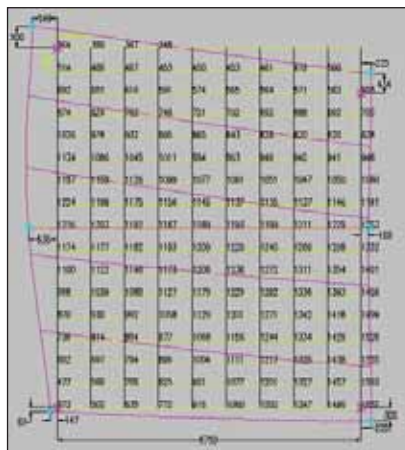


Рис. 6. Эскиз настройки универсальной/коксовой постели

предприятий, которые в подавляющем числе случаев разметку следов конструктивных линий игнорируют, эта оснастка необходима. ShipModel поддерживает оба стандарта. В качестве примера на рис. 4 приведен эскиз "Гибочные деформации – RACK-lines", который используется для гибки листов наружной обшивки на зарубежных предприятиях.

Перечисленных средств моделирования и обработки корпусных конструкций сложной геометрии вполне достаточно, чтобы избежать необходимость натурального моделирования и доработки объектов средствами плазма.

Небольшая стоимость, весьма скромные требования к техническим средствам, простота освоения и универсальность среды AutoCAD, в которой функционирует ShipModel, – залог успешного внедрения на судостроительных предприятиях. На данный момент этот программный комплекс приобрели 22 предприятия России и стран ближнего зарубежья. Открытая архитектура, гибкость и надежность программных средств, развитые интерфейсы позволяют ShipModel успешно взаимодействовать с такими системами, как TRIBON, FORAN, ShipConstructor, ПК-ПЛАЗ, САТИА, Unigraphics, Pro/ENGINEER. Рамки журнальной статьи не позволяют нам детально рассмотреть все организационно-технические схемы взаимодействия ShipModel с программным окружением каждого из пред-

приятий отрасли, поэтому ограничимся лишь двумя краткими примерами.

### Особенности использования ShipModel на ОАО СЗ "Северная верфь"

Судостроительный завод "Северная верфь"<sup>3</sup> приобрел лицензии ПК ShipModel для своего плазово-технологического подразделения в 2002 году. Поскольку здесь уже применялось и другое программное обеспечение (ПК-ПЛАЗ и FORAN, а также Unigraphics, в котором часто формируются данные, обрабатываемые при работе с контрагентами), для успешного взаимодействия с ним был разработан интерфейс, позволяющий передавать данные из одной системы в другую. Этим была обеспечена отличная совместимость систем окружения с форматами Autodesk.

Помимо интерфейсных функций, ShipModel используется для моделирования и обработки корпусных конструкций сложной геометрии, таких как обтекатели выступающих частей, водозаборные патрубки, якорные клюзы, литые конструкции кронштейнов и прилегающие к ним детали корпуса. Обработка (трассировка пазов и стыков, развертка листовых деталей, формирование гибочной оснастки) таких конструкций в специализированных системах типа FORAN и TRIBON затруднена и трудоемка. Полученные в ShipModel результаты (развернутые детали, эскизы гибочных шаблонов и карка-

сов и т.п.) передаются обратно в ПК-ПЛАЗ/FORAN и затем обрабатываются стандартными средствами этих систем. Управляющие программы (УП) для машин тепловой резки (МТР) создаются средствами подсистем UPNEST и UPED-ITOR, входящих в состав системы ПК-ПЛАЗ. По эскизам и схемам установки, сформированным в ShipModel, специальное подразделение изготавливает гибочные шаблоны и каркасы. На рис. 7 показаны корпусные конструкции сложной геометрии, созданные и обработанные сотрудниками "Северной верфи" с использованием ShipModel.

### Особенности применения ShipModel в ФГУП «МП "Звездочка"»

Машиностроительное предприятие "Звездочка"<sup>4</sup> приобрело лицензии программного комплекса ShipModel в 2004 году для бюро, основным направлением деятельности которого являются разработка корпусной рабочей конструкторской документации и плазово-технологическая подготовка производства. Помимо ShipModel в подразделении установлено несколько рабочих мест САПР САТИА, но основным программным продуктом является Autodesk Inventor Professional 11.

Для формирования плазовых обводов на предприятии используются специализированные приложения FastShip, САТИА и ShipModel. При необходимости корпус дорабатывается средствами САТИА V5R14

<sup>3</sup>www.nordsy.spb.ru

<sup>4</sup>www.star.ru

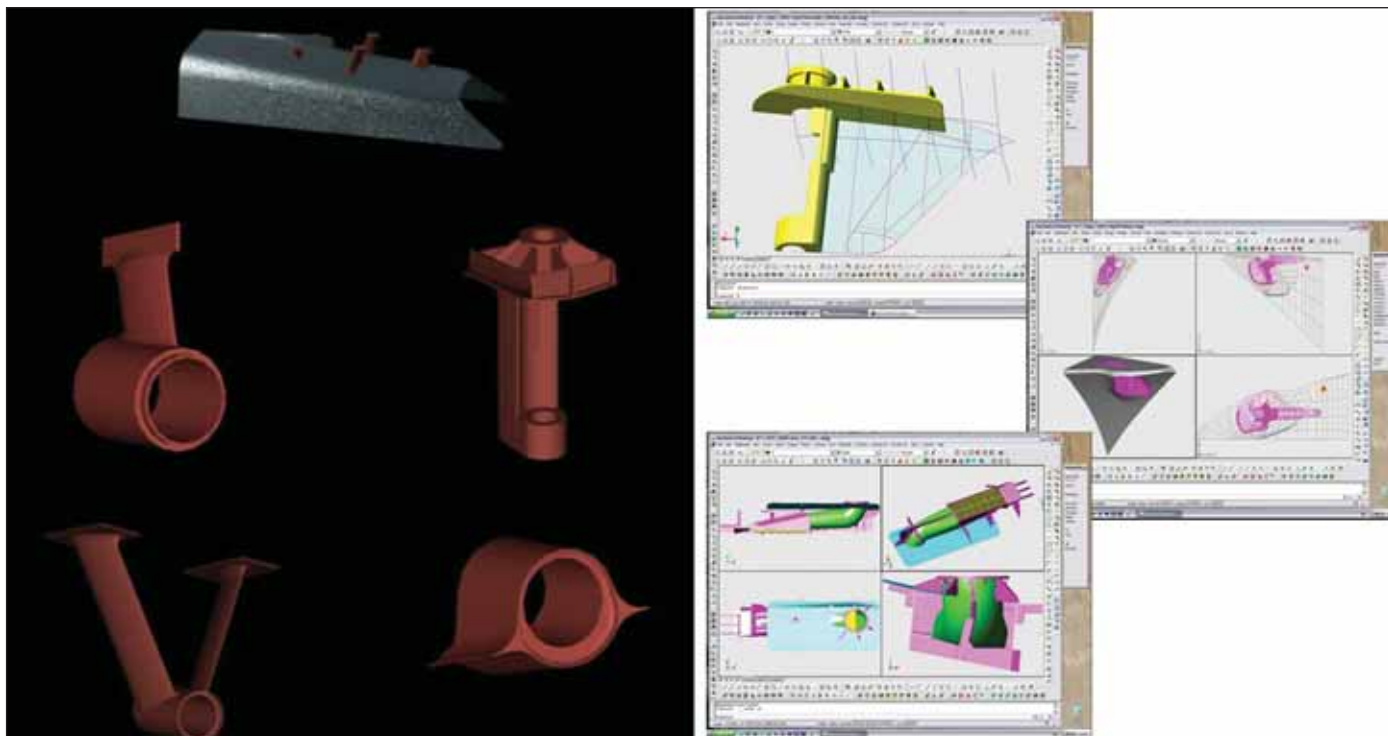


Рис. 7. Примеры корпусных конструкций, изготовленных на "Северной верфи"

до требуемой точности в соответствии с ОСТ 5.9152. Образцы совместной работы этих приложений приведены на рис. 8.

Кроме того, ShipModel используется для формирования гибочной оснастки (гибочных шаблонов, каркасов и схем их установки). При сборке секций рассчитываются контуровочные/разметочные эскизы, эскизы для разметки базовых линий и сборочные постели.

Развертка криволинейных деталей производится средствами программных продуктов ShipModel, CATIA, "Деймос". Отметим, что по результатам проведенных на предприятии сравнительных тестов наиболее точные результаты развертки получены в ShipModel. Выпуск управляющих программ для машин тепловой резки ("Кристалл" и Supragex) осуществляется с помощью ПК-ПЛАЗ. На машине тепловой резки Supragex резка деталей производится с разделкой фаски, для чего ПК-ПЛАЗ по техническому заданию МП "Звездочка" был доработан разработчиками (СЗ "Северная верфь").

Основными рабочими инструментами на предприятии являются AutoCAD и Autodesk Inventor 11, которые позволяют не только без труда установить ShipModel, но и эффективно решить вопросы передачи данных. При таком большом количестве систем окружения интерфейсные возможности ShipModel используются наиболее полно. Однако максимального эффекта предприятие планирует добиться, используя ShipModel в составе чертежно-резательного комплекса Kongsberg XL 46 (с разме-

ром стола 2210x4800 мм), при непосредственном изготовлении плоских шаблонов из фанеры. Для шаблонов, требующих большей жесткости конструкции, данные будут переноситься с прозрачной пленки на заранее изготовленные щиты. Таким образом, предприятие надеется окончательно отказаться от натурной разбивки плаза, который сегодня используется исключительно при выпуске гибочной и проверочной оснастки.

Наконец, немаловажным преимуществом ПК ShipModel является тот факт, что (процитируем слова одного из пользователей) "продукт, обладая полным набором инструментов для работы с корпусом судна/корабля, избавлен от ненужных украшательств, которые иногда здорово мешают реальному рабочему процессу на судостроительных и судоремонтных заводах".

### Заключение

Основное назначение ShipModel — смоделировать и обработать все корпусные конструкции сложной геометрии. Поэтому в системе преобладают интерактивные решения, что несколько снижает производительность обработки. Но и комплексные специализированные системы (FORAN/TRIBON) не способны с рекордной скоростью обрабатывать сложные конструкции, а зачастую просто игнорируют их, что вынуждает прибегать к обработке методами натурного плаза.

В приведенных выше примерах были рассмотрены только некоторые аспекты технологической подготовки производ-

ства, касающиеся прежде всего вопроса исключения или минимизации применения натурального макетирования и плазовых средств. Однако решение даже одной этой проблемы делает программный комплекс ShipModel чрезвычайно полезным для предприятий малотоннажного судостроения, а в комплектации с такими программными средствами, как UPNEST, UPEDITOR и ПК-ПЛАЗ, — и для предприятий с большим объемом судокорпусного производства.

Сказанное отнюдь не исключает возможности применения ShipModel в проектных и конструкторских подразделениях. Мы убеждены, что, поскольку ни одна из существующих на сегодня комплексных специализированных систем неспособна решить весь комплекс проблем проектирования и подготовки производства, применение мультипрограммных средств оправдано и неизбежно. Ведь не секрет, что подавляющее число конструкторских рабочих мест для выпуска и доработки конструкторской документации укомплектовано AutoCAD или Autodesk Inventor. Дополнительная же комплектация этих рабочих мест программным комплексом ShipModel позволит оперативно формировать теоретическую 3D-модель методами, традиционно применяемыми в судостроении, с использованием судостроительных терминов и понятий. Как показывают приведенные выше примеры, особенно эффективным является проектирование таких моделей корпусных конструкций, как выступающие части, обтекатели, якор-

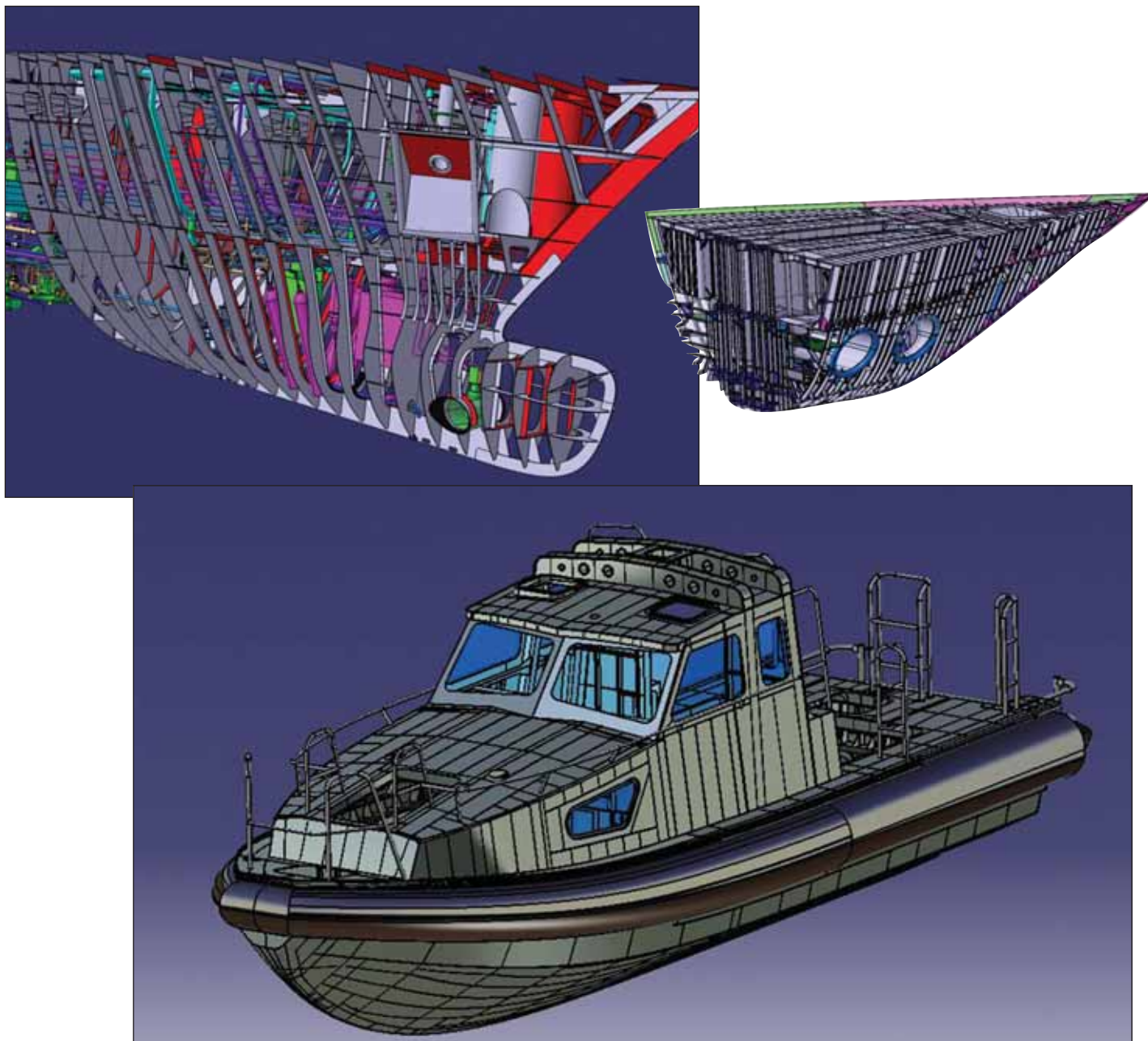


Рис. 8. Примеры корпусных конструкций и изделий «МП "Звездочка"»

ные клюзы, литые кронштейны и др. Интерфейсные возможности ShipModel обеспечивают возможность передачи моделей, разработанных средствами других систем, и их преобразование в нужный для последующего конструирования вид. Разработка конструкторской документации в этом случае производится уже на основе трехмерных теоретических моделей, что существенно повышает качество конструкторской проработки основных конструктивных сечений, трассировки пазов и стыков, конструирования наружной обшивки корпуса и корпусных конструкций (палуб, платформ, переборок, выгородок, набора и т.п.). В результате помимо собственно рабочих чертежей создается конструктивная модель, которую можно назвать электронным аналогом реального корпуса.

Приведенные выше примеры свидетельствуют, что ShipModel может применяться как при проектно-конструкторских работах, так и на этапе технологической подготовки производства. Формируемая в программном комплексе модель по мере проработки поэтапно трансформируется из теоретической в конструктивную, а затем в строительную. Тем самым ShipModel способствует взаимодействию в едином информационном пространстве всех участников проектирования и строительства изделия, что особенно эффективно в комплектации с PDM/PLM-системой TDMS. Гибкая ценовая политика, проводимая компанией CSoft-Бюро ESG, широкое распространение и универсальность среды, в которой функционирует ShipModel, позволяют нам наде-

яться на значительное расширение области применения этого программного продукта.

*Александр Давидович,  
заместитель главного конструктора  
ФГУП "МП "Звездочка"  
Тел.: (8184) 59-6835  
E-mail: dio@well-com.su*

*Алексей Черниченко,  
начальник ККТО ОАО СЗ "Северная верфь"  
Тел.: (812) 324-2938*

*Юрий Платонов,  
главный конструктор САПР CSoft-Бюро ESG  
Тел.: (812) 496-6929  
E-mail: yplatonov@peterlink.ru*