

## Использование гетерогенных САПР на примере электронно-цифрового макета скоростного катера

В одной из предыдущих публикаций (REM № 4, 2007 г.) один из авторов обосновывал принципы использования разнородных (гетерогенных) САПР на крупных машиностроительных и судостроительных предприятиях. В данной статье описывается их практическое применение на судостроительно-судоремонтном предприятии ФГУП «ЦС “Звездочка”» при отработке технологии производства бортового катера для боевых кораблей и вспомогательных судов ВМФ РФ, спроектированного в ЦМКБ “Алмаз” (проект 21770).

При реализации проекта с целью оптимизации производственного цикла было принято решение о создании электронно-цифрового макета катера на базе программных продуктов компаний Autodesk и Dassault Systemes (рис. 1).

Для успешного решения вопросов диверсификации производства предприятие начало внедрять системы САПР в проектирование и конструкторско-технологическую подготовку производства еще в 1993 году, когда были закуплены первые пять лицензий AutoCAD, а в 2003 году – несколько лицензий CATIA. Сегодня предприятие располагает несколькими десятками рабочих мест, на которых установлен Autodesk Inventor, в том числе Inventor Professional, и десятком лицензий CATIA.

### **Мотивация выпуска 3D-макета на предприятии**

Создание электронно-цифрового макета и отработка на его основе технологии постройки катера имели важное значение ввиду расчетов предприятия получить заказ на серийное производство катеров данного типа для ВМФ РФ.

При постройке головного катера приходится довольно часто принимать решения по переделке и исправлению различных проектных решений, и в этих условиях лучший вариант – выявить все исправления на



Рис. 1. Визуализация катера, выполненная средствами CATIA

этапе изготовления электронно-цифрового макета, а не реальной конструкции катера (стоимость в этих случаях различается в 1000 %, особенно учитывая материал, из которого изготавливается корпус).

Поскольку на катере применено импортное оборудование и его размещение оказалось непростым делом, электронно-цифровой макет катера существенно помог с размещением оборудования и систем внутри корпуса (рис. 2).

Выполнена отработка технологии применения электронных манекенов человека для определения возможности и удобства обслуживания технических средств катера.

В дальнейшем предприятие, используя электронно-цифровой макет катера, предполагает отрабатывать технологию выпуска электронной эксплуатационной рабочей документации в соответствии с требованиями ГОСТ 2.601-2006.

Непоследнюю роль в данной работе имеют и учебные цели. Сегодня, учитывая нехватку квалифицированных кадров, предприятие вынуждено принимать в штат студентов 3-5 курсов, которых приходится доучивать всем приемам работы с САПР, что называется, “на ходу”.

Понимание администрацией предприятия необходимости внедрения технологии выпуска РКД и производства работ на основе 3D-моделирования существенным образом облегчило реализацию всего проекта.

## Применение САПР при разработке электронно-цифрового макета катера

В качестве САПР высшего уровня на предприятии используется CATIA v5 R17 и 18 (поставлены компанией "GETHET Консалтинг", Москва), причем, кроме базовой конфигурации продукта, имеются лицензии на все специализированные судостроительные модули. Это, во-первых, приложения для моделирования сложных судовых поверхностей – Generative Shape Design (GSD) и Freestyle Shaper (FS1), а также модули для проектирования судовых корпусных конструкций:

- ▶ Structure Functional Design (SFD) – функциональное проектирование корпусных конструкций. С его помощью моделируются главные несущие элементы корпуса: настилы палуб и переборок, поперечные и продольные подпалубные связи, шпангоуты, пиллерсы и флоры, которые опираются на внешние и внутренние формообразующие поверхности (с учетом основных корпусных вырезов);
- ▶ Structure Detailed Design (SDD) и Structure Design (SR1) – детальное проектирование корпусных конструкций. Модули предназначены для детализовки моделей судовых блоков и секций и включают такие функции, как моделирование локальных ребер жесткости, подкреплений и бракет, вырезов для пересекающихся связей; оформление законцовок элементов набора, листов судовой обшивки, а также подготовку под сварку и покраску.

Основными модулями для проектирования судовых инженерных коммуникаций, трубопроводов и кабельных систем являются:

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОЛОВНОГО РАБОЧЕ-РАЗЪЕЗДНОГО БОРТОВОГО КАТЕРА

Длина наибольшая (по эластичному борту) – 9,12 м.

Ширина наибольшая (по привальным накладкам эластичных бортов) – 3,32 м.

Полное водоизмещение – 6560 кг.

Максимальная мощность главных двигателей – 2x232 кВт.

Максимальная скорость – 36 узлов.

Дальность плавания – не менее 120 миль.

Экипаж – 2 чел.

Количество пассажиров – 5 чел.

Тип корпуса – глиссирующий, остроскулый, с днищем в форме "глубокое V".

Корпус, рубка и кринолин изготовлены из листов, прессованных панелей и профилей из алюминий-магниевого сплава марки 1561 ОСТ1-92041-90.

Борта в верхней части оканчиваются надувными баллонами круглого сечения, изготовленными из поливинилхлоридной эластичной ткани производства фирмы "Kyungji Corp." (Южная Корея).

Прочность корпуса обеспечивает безопасную эксплуатацию катера при состоянии моря до 5 баллов.

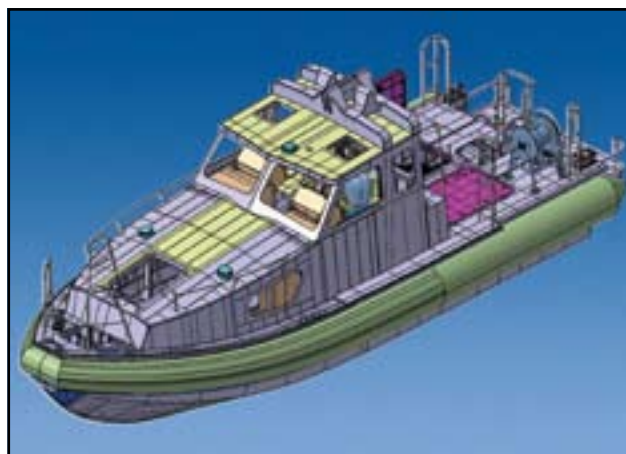


Рис. 2. Электронно-цифровой прототип катера

- ▶ Equipment Arrangement (EQT) – проектирование и размещение компонентов оборудования. Данный модуль позволяет на основе твердотельных заготовок определять объекты оборудования, привязывая к ним технологические параметры; устанавливать на оборудование соединительные коннекторы и сохранять объекты в структуре каталогов. При размещении оборудование извлекается из стандартных или созданных пользователем каталогов и располагается в пространстве по координатным привязкам или в зарезервированные объемы, для создания которых используются модули System Space Reservation (SSR) – резервирование пространства и Plant Layout (PLO) – пространственная организация помещений и коммуникаций;
- ▶ Systems Diagrams (SDI) и Piping & Instrumentation Diagrams (PID) – основа проектирования 2D-схем и трубопроводных принципиальных схем. Данный набор модулей включает в себя общую платформу приложений по разработке принципиальных управляющих схем инженерных коммуникаций и специальный продукт для создания управляющих схем трубопроводов;
- ▶ Piping Design (PIP) – проектирование трубопроводов. Трассировка и детализовка трубопроводных линий производится с контекстной привязкой к соединителям оборудования, координатной привязкой либо под управлением принципиальных схем. В процессе проектирования пользователь может в любой момент выполнить анализ соответствия текущего состава трехмерной модели и управляющей принципиальной схемы, а также проверить целостность детализированной трубопроводной линии;
- ▶ Hanger Design (HGR) – проектирование опор для систем коммуникаций. Программа содержит библиотеку заготовок типовых опорных конструкций, которые можно модифицировать и добавлять к ним соединительные коннекторы, устанавливающие ассоциативную связь с трассировкой трубопроводной линии;
- ▶ Systems Routing (SRT) – трассировка и детализовка разнородных коммуникаций (гидравлических, пневматических, электрических, конвейерных и др.) – без возможности автоматизированного контроля со стороны управляющих 2D-схем;

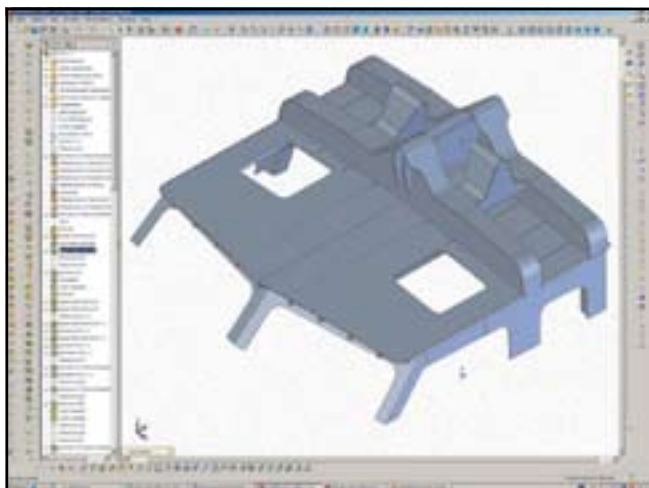


Рис. 3. 3D-модель надстройки катера в САПР SolidWorks с фундаментом под захват СПУ на крыше (модель и расчет прочности выполнен инженером-конструктором 1 категории А. В. Касьяновым)

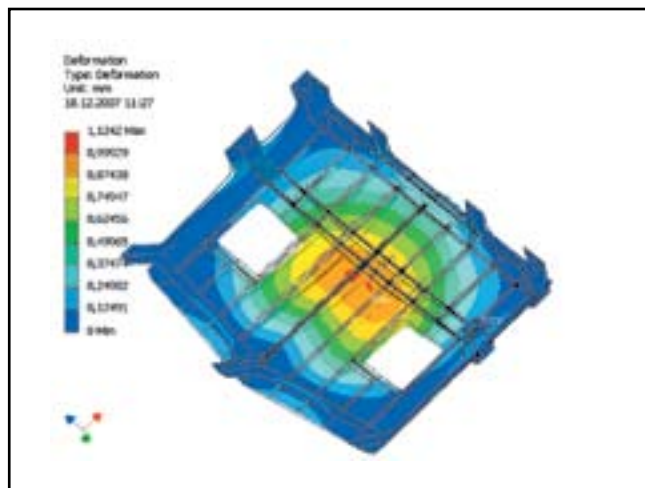


Рис. 4. Один из вариантов отчета Autodesk Inventor Professional. Показаны деформации надстройки при поднятии катера СПУ на борт судна

- ▶ HVAC Diagrams (HVD) – проектирование принципиальных схем систем вентиляции, отопления и кондиционирования для управления 3D-проектированием вентиляционных линий;
- ▶ HVAC Design (HVA) – 3D-проектирование систем вентиляции, отопления и кондиционирования. Трассировка и детализация вентиляционных линий производится с контекстной привязкой к соединителям оборудования, координатной привязкой либо под управлением принципиальных схем. В процессе проектирования пользователь может в любой момент выполнить анализ соответствия текущего состава трехмерной модели и управляющей принципиальной схемы, а также проверить целостность вентиляционной линии;
- ▶ Electrical Diagrams (ELD) – проектирование 2D-схем кабельных систем для контроля и управления 3D-моделированием;
- ▶ Electrical Cableway Routing (ECR) – 3D-проектирование электрических кабельных систем. Трассировка и детализация производится с контекстной привязкой к соединителям оборудования, координатной привязкой либо под управлением принципиальных схем. В процессе проектирования пользователь может в любой момент выполнить анализ соответствия текущего состава трехмерной модели и управляющей

принципиальной схемы, а также проверить целостность 3D-кабельной линии.

Основной (массовой) CAD-системой для внедрения 3D-технологии в производство на предприятии является Autodesk Inventor (поставлена компанией CSoft – Бюро ESG, Санкт-Петербург).

Одним из мощных инструментов трехмерного моделирования и разностороннего анализа проектируемых конструкций и механизмов является Autodesk Inventor Professional, который используется на предприятии для расчетов прочности различных конструкции кораблей и судов, а также для кинематических (динамических) расчетов. Так, при расчете прочности надстройки катера в районе узла захвата катера судовым подъемным устройством (СПУ) 3D-модель надстройки, выполненная первоначально в САПР Solid Works (для оценки возможности использования файлов в общей сборке модели в системе CATIA, рис. 3), была передана через STEP-формат в Autodesk Inventor Professional и далее проверена на прочность соответствующим расчетным модулем (рис. 4).

Примеры выполнения деталей машиностроения в САПР Autodesk Inventor показаны на рис. 5-8.

Как показывает опыт изготовления электронно-цифрового макета и постройки катера проекта 21770, разнородные САПР на предприятии ФГУП «ЦС «Звездочка»»

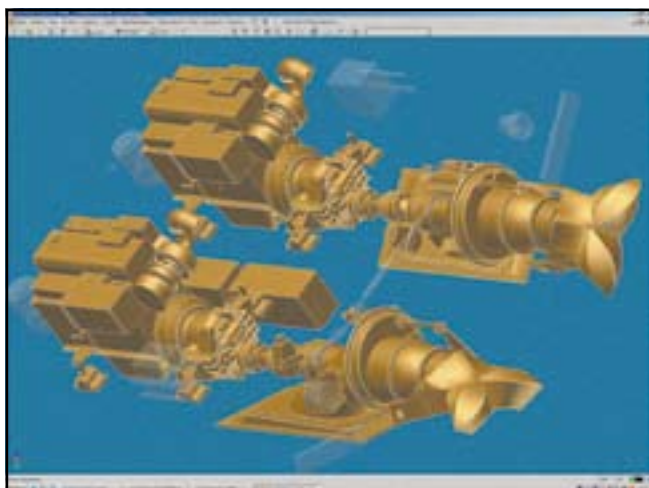


Рис. 5. Стыковка главных двигателей с водометами

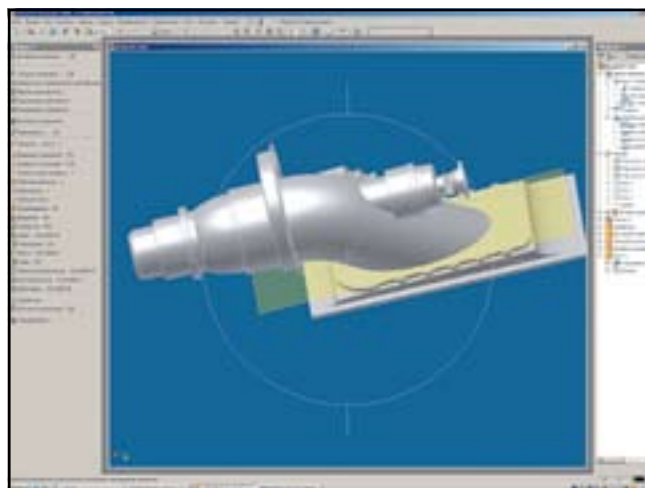


Рис. 6. Водомет HJ292 фирмы Hamilton (Новая Зеландия)



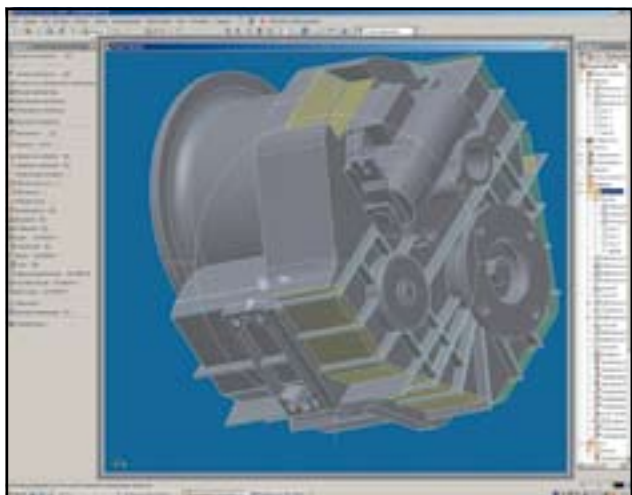


Рис. 7. Редуктор главного двигателя ZF-63

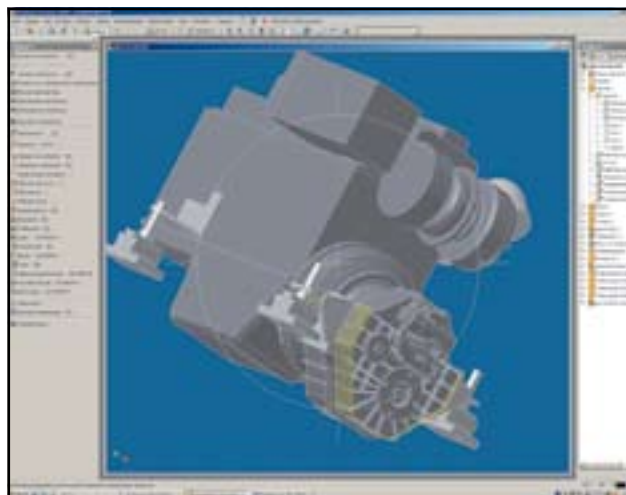


Рис. 8. Главный двигатель катера Yanmar 6LPA-STP

вполне мирно уживаются между собой и своими функциональными возможностями хорошо дополняют друг друга. Главное, чтобы применяемые САПР поддерживали стандарт обменного файла (лучше STEP). Причем, если САПР CATIA используется в крупных судостроительных и машиностроительных проектах, то Autodesk Inventor, как правило, – в проектах средней сложности, например, для изготовления изделий судового и общемашиностроительного назначения. Думается, для большинства предприятий, в том числе и судостроительной

отрасли, рационально приобретать лицензии САПР и высокого, и среднего, и нижнего уровня.

Авторы статьи выражают благодарность специалистам компаний CSoft – Бюро ESG и "ГЕТНЕТ Консалтинг" за консультационную помощь и сопровождение в работе над проектами.

**А. Н. Давидович, заместитель главного конструктора,  
А. М. Вещагин, инженер-конструктор 1 категории,  
ФГУП «ЦС "Звездочка"»**

22 - 25 СЕНТЯБРЯ



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

# РОССИЙСКИЙ ПРОМЫШЛЕННИК



+7 812 320 8092/90  
mwte@restec.ru  
metal@restec.ru

+7 812 325 6778/79  
promexpo@lenexpo.ru  
rospromspb@mail.ru

**РЕСТАЭК™**

С.Петербург  
**Ленэкспо**