



НА ПРИМЕРЕ
ЭЛЕКТРОННО-
ЦИФРОВОГО
МАКЕТА
СКОРОСТНОГО
КАТЕРА
ПРОЕКТА 21770

Использование гетерогенных САПР (CATIA, Autodesk Inventor)

Применение разнородных (гетерогенных) САПР на крупных машиностроительных и судостроительных предприятиях один из авторов уже обосновывал ранее¹, а сегодня, в развитие этой темы, мы поговорим о практическом использовании гетерогенных САПР на судостроительно-судоремонтном предприятии ОАО "ЦС "Звёздочка". В то же время авторы понимают, что на практике применение разнородных САПР при проектировании каждого отдельного вида или класса механизмов, устройств и систем приводит к значительному усложнению процесса создания электронно-цифрового макета (ЭЦМ) корабля. Твёрдотельная модель сложного технического объекта, коим, несомненно, является корабль (например, АПЛ третьего поколения содержит около трех миллионов деталей и узлов), — это элементы, связанные между собой системой ассоциативных связей, обеспечивающих модификацию и всесторонний анализ. Применение чрезмерно большого количества разнородных САПР может сделать невозможным создание единого ЭЦМ, а это в

Наименование элементов

Величина, м

Длина наибольшая (по эластичному борту)

9,12

Длина по металлическому корпусу

8,99

Ширина наибольшая (по привальным накладкам эластичных бортов)

3,32

Высота борта на миделе (от ОП)

1,44

Таблица 1

Вид водоизмещения

Величина водоизмещения, кг

Величина осадки, м
носом (Тн) кормой (Тк)

Порожнее

5083

0,55

0,72

Полное (на борту экипаж 2 человека, 5 человек пассажиров и 500 кг груза)

6560

0,73

0,74

Таблица 2

свою очередь умножит число конфликтов и ошибок в проекте и, как следствие, приведет к увеличению сроков и стоимости конструкторско-технологической подготовки производства.

Решая проблемы диверсификации производства, наше предприятие с 1993

года внедряет системы САПР в проектирование и конструкторско-технологическую подготовку. Были закуплены лицензии AutoCAD, а в 2003-м — несколько лицензий CATIA. Сегодня предприятие располагает несколькими десятками лицензий Autodesk Inventor (в том числе

¹Александр Давидович. Использование гетерогенных САПР при проектировании сложных и наукоемких изделий машиностроения. — CADmaster, №5/2007, с. 28-30.



Рис. 1-2. Визуализация катера, выполненная средствами САПР

Inventor Professional) и примерно двадцатью лицензиями САПР.

Большая их часть закуплена на федеральные средства, в рамках программы подготовки предприятия к ремонту АПЛ третьего поколения. На этом проекте ЦМКБ "Алмаз" отрабатывает конструктивный тип бортового катера (рис. 1-2) для боевых кораблей и вспомогательных судов ВМФ России, поэтому он и интересен предприятию для отработки технологии создания электронно-цифрового макета (рис. 3-4).

Для более наглядного представления катера приведем краткое описание его тактико-технических характеристик:

- данные о геометрии катера представлены в таблицах 1 и 2;

- корпус глиссирующего типа, остроносый, с днищем в форме "глубокое V" (угол килеватости у транца 27°). Днище имеет по два продольных редана по каждому борту.

Борта в верхней части оканчиваются надувными баллонами круглого сечения.

При состоянии моря 5 баллов обеспечено безопасное пребывание катера в море при выборе безопасного курса по направлению к волне.

Значения скорости хода катера с чистым свежеекрашенным корпусом при нормальном водоизмещении (на борту экипаж 2 человека, 5 человек пассажиров и 500 кг груза) составляют:

- максимальная скорость на тихой глубокой воде (высота волны до 0,25 м) при неограниченной по времени мощности главных двигателей 2х188 кВт — 32 узла,

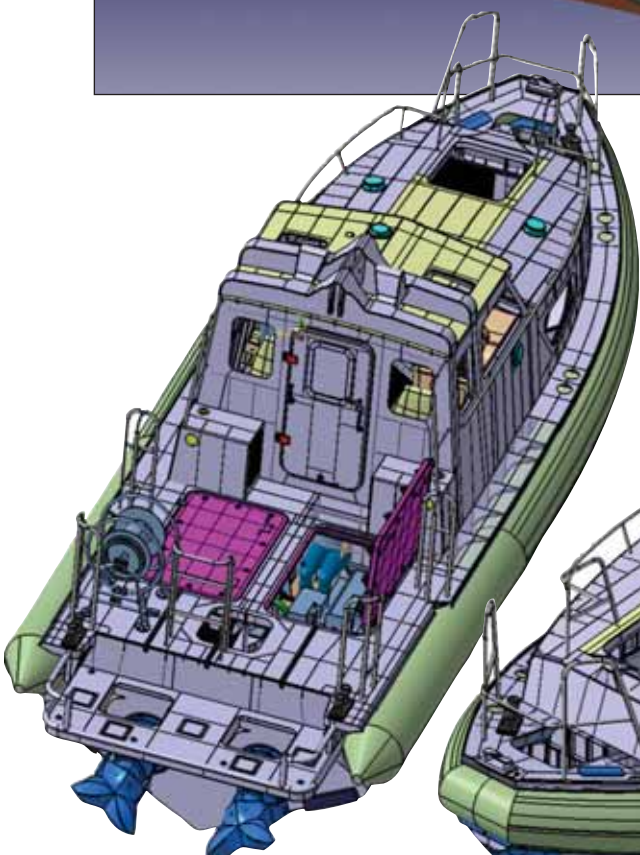


Рис. 3. Вид сверху на ЭЦМ катера

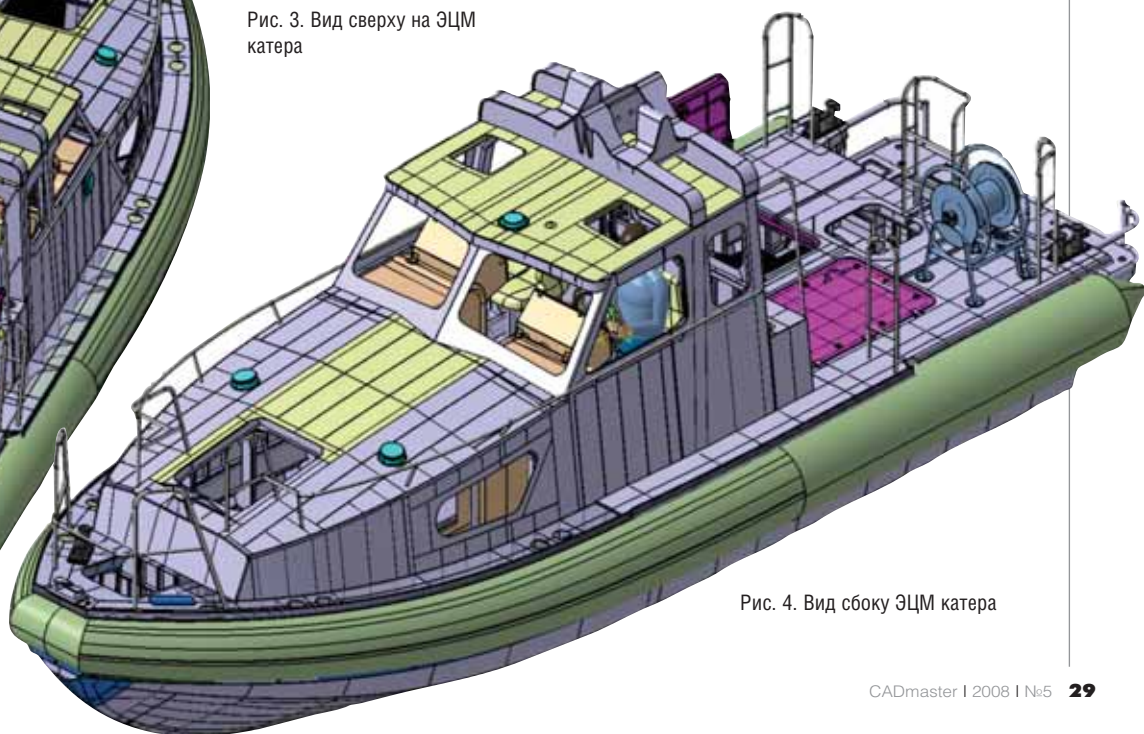


Рис. 4. Вид сбоку ЭЦМ катера



Рис. 5. Проверка работоспособности захватного устройства СПУ для катера проекта 21770 (при изготовлении в Голландии)

- максимальная скорость при кратковременном (не более 1 ч) использовании максимальной мощности главных двигателей 2х232 кВт в тех же условиях — 36 узлов;
 - материал корпуса, рубки и криолина — листы, прессованные панели и профили из алюминиево-магниевого сплава марки 1561 ОСТ 1-92041-90;
 - баллон надувных эластичных бортов изготовлен из поливинилхлоридной эластичной ткани производства фирмы Kyungi Corp. (Южная Корея).
- Приступая к созданию 3D-макета катера на предприятии руководствовались следующими соображениями:
- отработка технологии постройки дает надежду, что здесь же, на нашем предприятии, будут строиться и серийные катера данного типа. А значит будет востребован и электронно-цифровой макет;
 - при постройке головного катера приходится оперативно принимать решения по изменению и исправлению различных проектных решений. Конечно, лучший вариант — внести все исправления при создании электронно-цифрового макета, а не на этапе постройки (затраты при таком варианте на 1000% меньше, особенно с учетом материала корпуса катера);

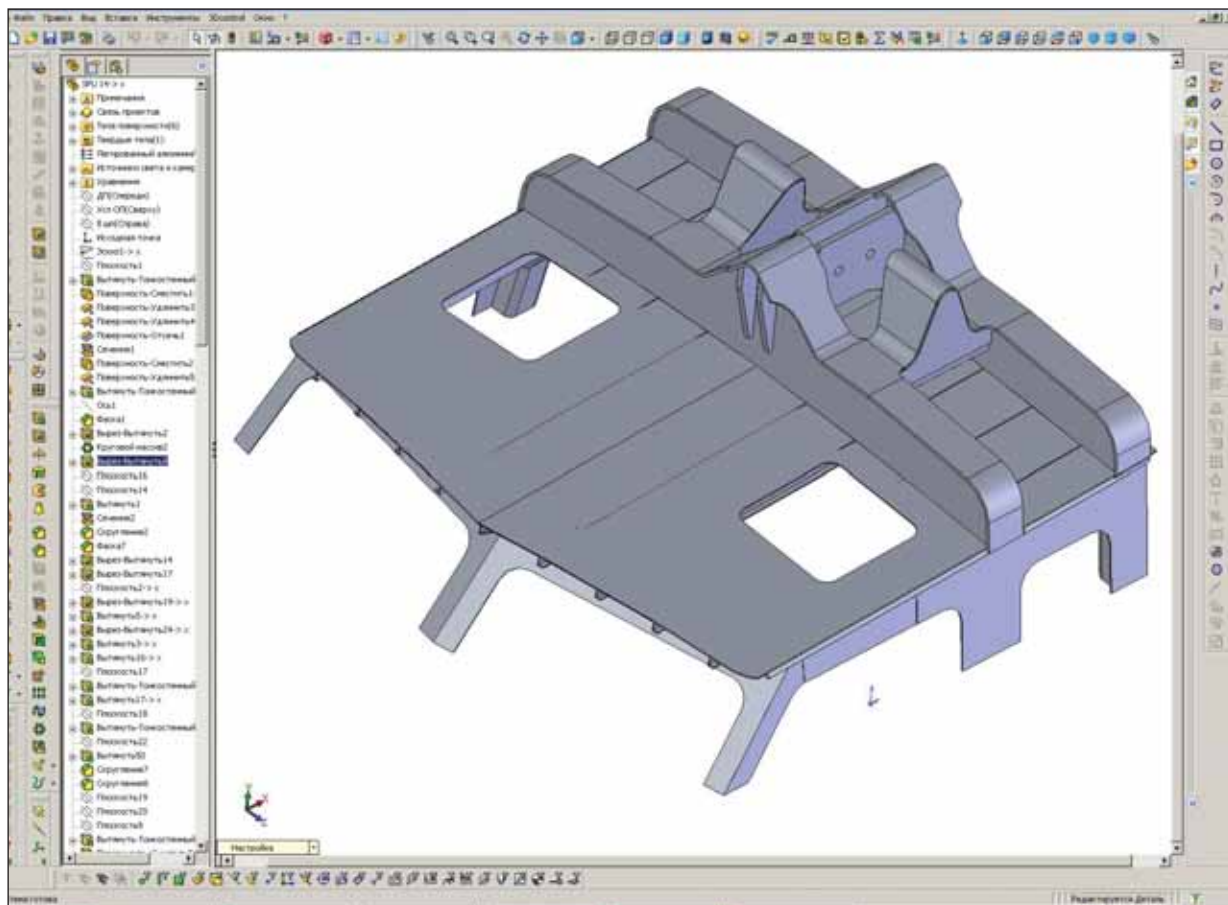


Рис. 6. 3D-модель надстройки катера с фундаментом под захват СПУ на крыше (модель и расчет прочности выполнены инженером-конструктором 1-й категории А.В. Касьяновым)

- на катере применено импортное оборудование, размещение которого оказалось делом непростым. При размещении оборудования и систем внутри корпуса помог именно электронно-цифровой макет;
- в дальнейшем, используя электронно-цифровой макет, предприятие бу-

дет обрабатывать технологию выпуска электронной эксплуатационной рабочей документации в соответствии с требованиями ГОСТ 2.601-2006;

- отработана технология применения электронных манекенов человека для определения возможности и

удобства обслуживания технических средств катера (рис. 15);

- не в последнюю очередь учитывались и учебные соображения. Нехватка квалифицированных кадров вынуждает принимать на работу студентов 3-5 курсов, которых приходится буквально на ходу доучивать всем рабочим приемам САПР.

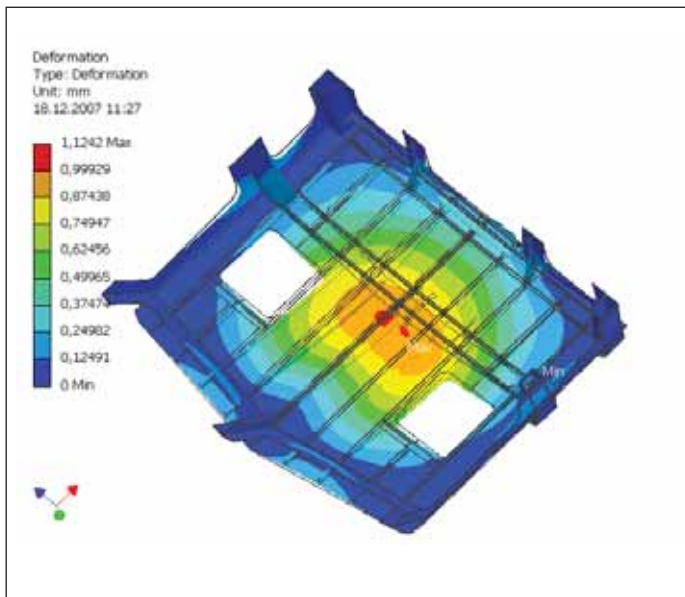


Рис. 7. Один из вариантов отчета, сгенерированный Inventor Professional. Показаны деформации надстройки при поднятии катера СПУ на борт судна

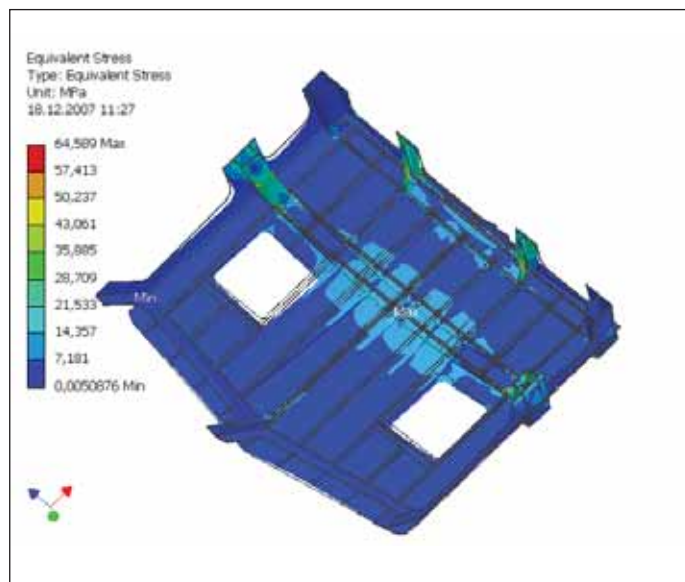


Рис. 8. Один из вариантов отчета, сгенерированный Inventor Professional. Показаны эквивалентные напряжения надстройки при поднятии катера СПУ на борт судна

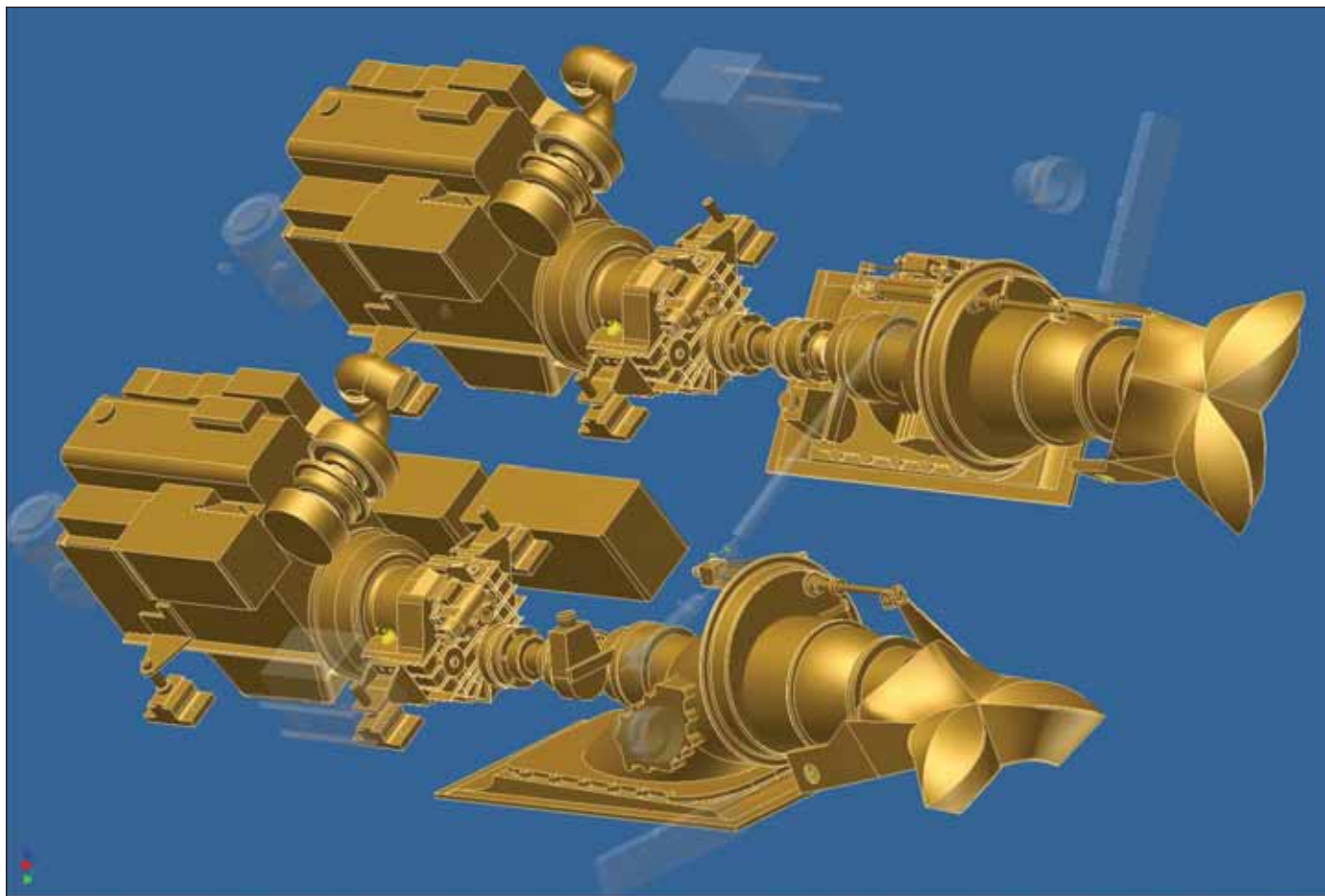


Рис. 9. Стыковка ГД с водомером (перед размещением сборки в ЭЦМ катера)

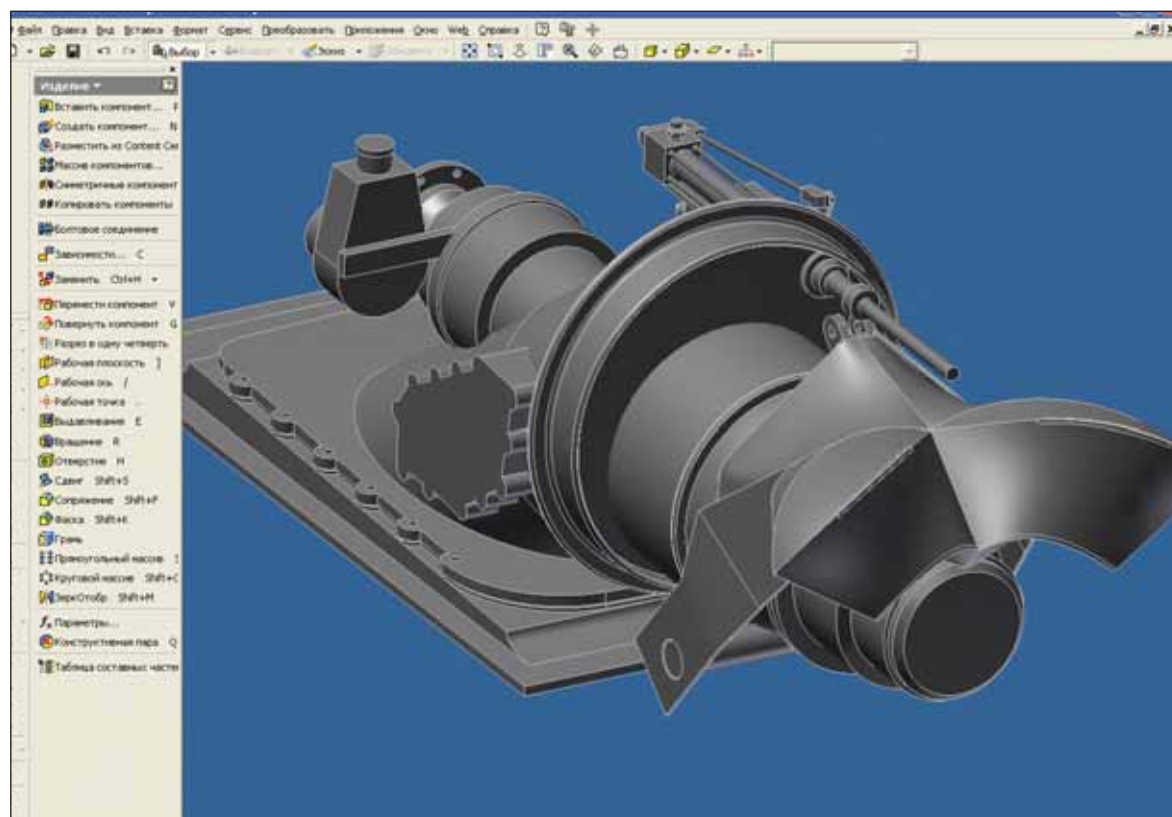


Рис. 10. Водомет фирмы Hamilton (Новая Зеландия), модель HJ292

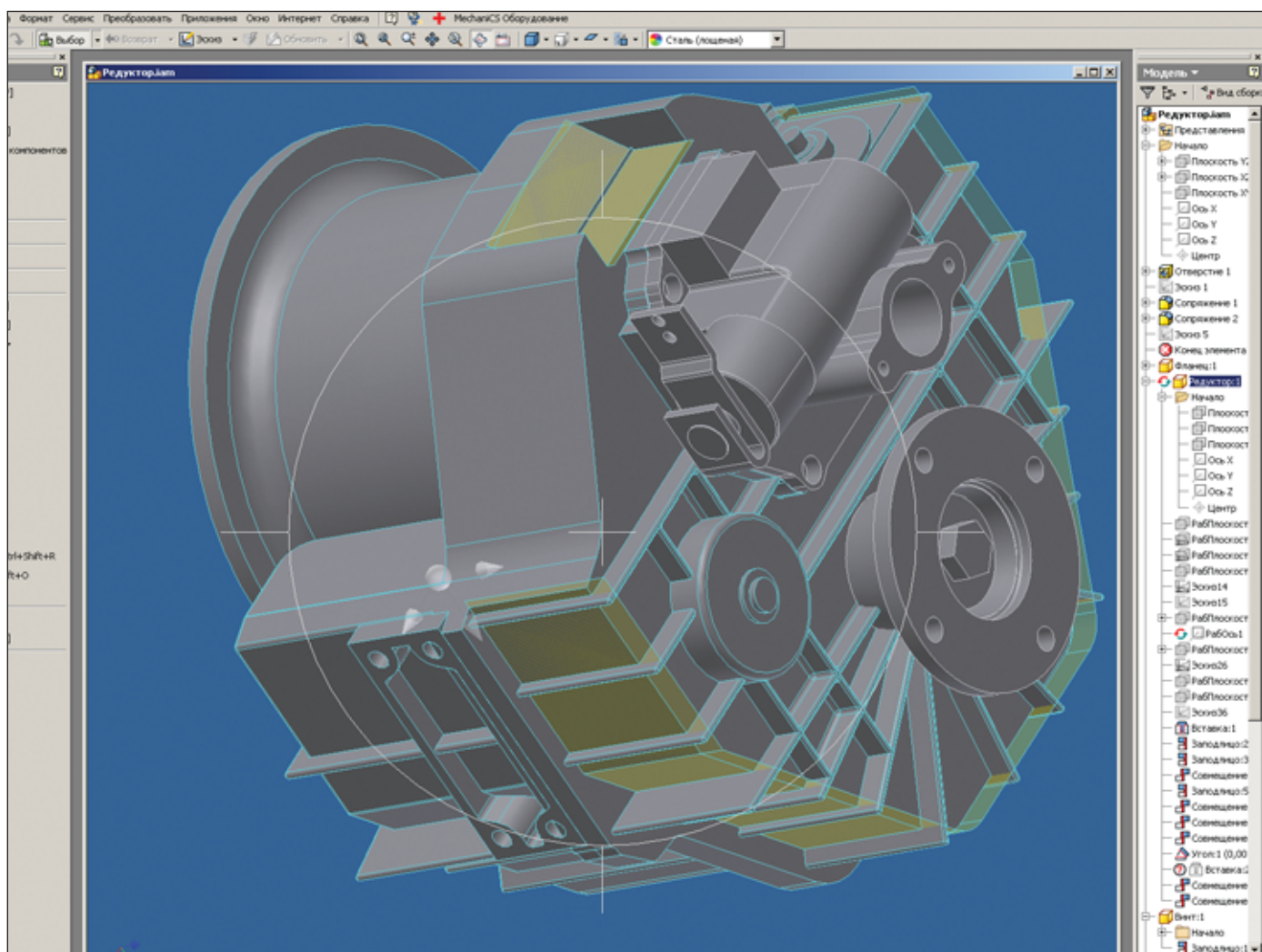


Рис. 11. Редуктор главного двигателя ZF-63

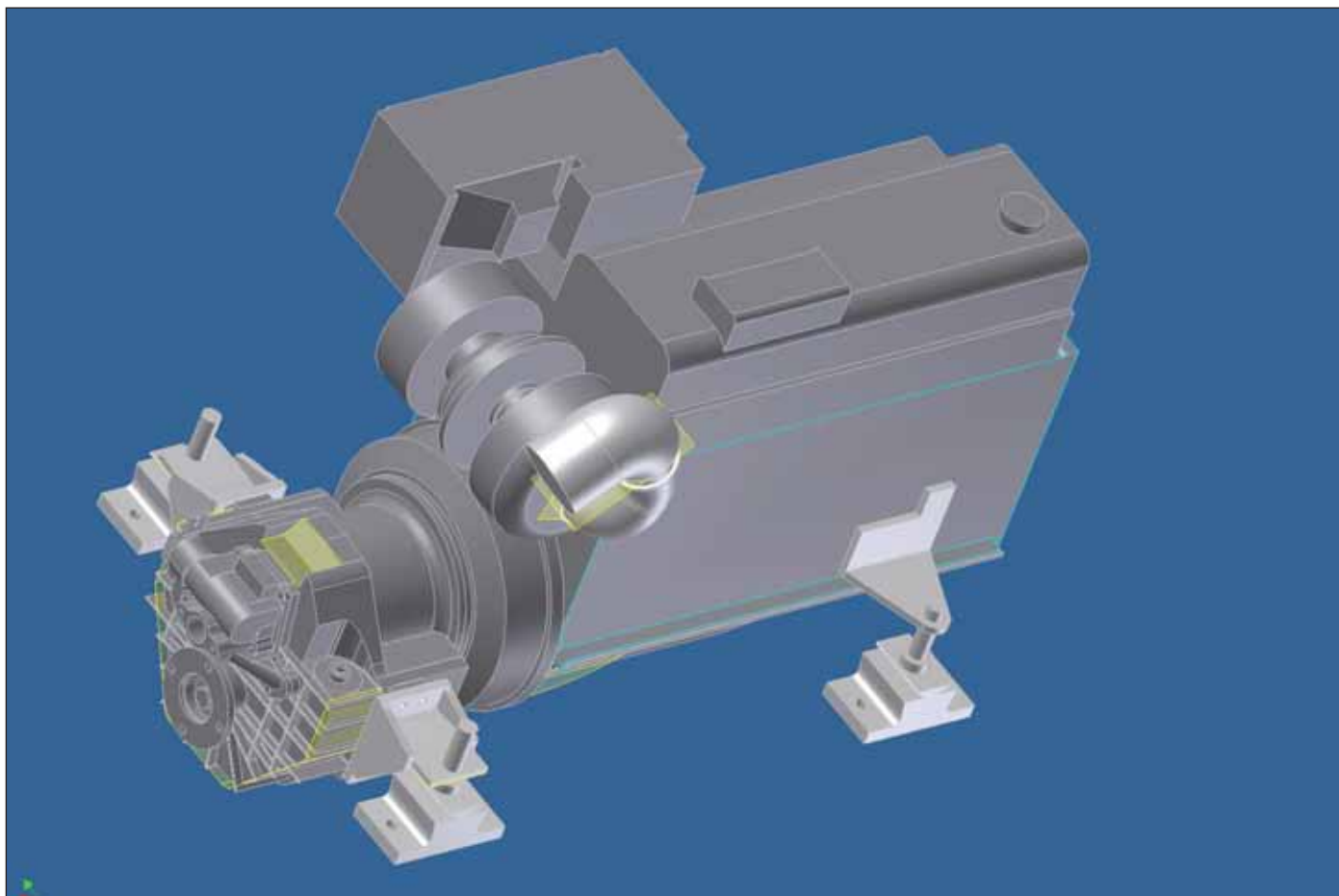


Рис. 12. Главный двигатель "Yanmar 6LPA-STP" с редуктором

Добавим к сказанному еще одно: администрация предприятия понимает необходимость внедрения технологии выпуска РКД и производства работ на основе 3D-моделирования.

Применяемые САПР

В качестве САПР высшего уровня на предприятии используется **CATIA v5 r.17-18** (поставщик — ООО "ГЕТНЕТ" (Москва), причем кроме базовой конфигурации MD2, HD2 имеются лицензии на все специализированные судостроительные модули, представить которые есть смысл чуть подробнее.

Прежде всего это приложения для моделирования сложных судовых поверхностей — Generative Shape Design (GSD) и Freestyle Shaper (FS1), а также:

- **Structure Functional Design (SFD)** для функционального проектирования корпусных конструкций. Моделируются главные несущие элементы корпуса: настилы палуб и переборки, 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)** для детального проектирования корпусных конструкций. Эти приложения, предназначенные для детализации моделей судовых блоков и секций, включают такие функции, как моделирование локальных ребер жесткости, подкреплений и бракет, вырезов для пересекающихся связей, оформление законцовок элементов набора, листов судовой обшивки, а также подготовка под сварку и покраску;

- 2) основные модули для проектирования судовых инженерных коммуникаций, трубопроводов и кабельных систем:

- **Equipment Arrangement (EQT)**, средствами которого осуществляются проектирование и размещение компонентов оборудования. На основе твердотельных заготовок приложение позволяет определять объекты оборудования, привязывая к ним технологические параметры, устанавливая на оборудование соединительные коннекторы и сохраняя объекты в структуре каталогов. При размещении оборудование извлекается из стандартных или созданных пользователем каталогов и располагается в пространстве по координат-

ным привязкам или в зарезервированные объемы, для создания которых используются модули SSR (System Space Reservation) — резервирование пространства и PLO (Plant Layout) — пространственная организация помещений и коммуникаций;

- **Systems Diagrams (SDI)** и **Piping & Instrumentation Diagrams (PID)** — основа проектирования 2D-схем и трубопроводных принципиальных схем. Представляет собой набор модулей, включающий общую платформу приложений по разработке принципиальных управляющих схем инженерных коммуникаций и специальный программный продукт для создания управляющих схем трубопроводов;

- **Piping Design (PIP)** — проектирование трубопроводов. Трассировка и детализация трубопроводных линий производится с контекстной привязкой к соединителям оборудования, с координатной привязкой либо под управлением принципиальных схем. При проектировании пользователь может в любой момент выполнить анализ соответствия текущего состава трехмерной модели и управляющей принципиальной схемы, а также проверить целостность детализированной трубопроводной линии;

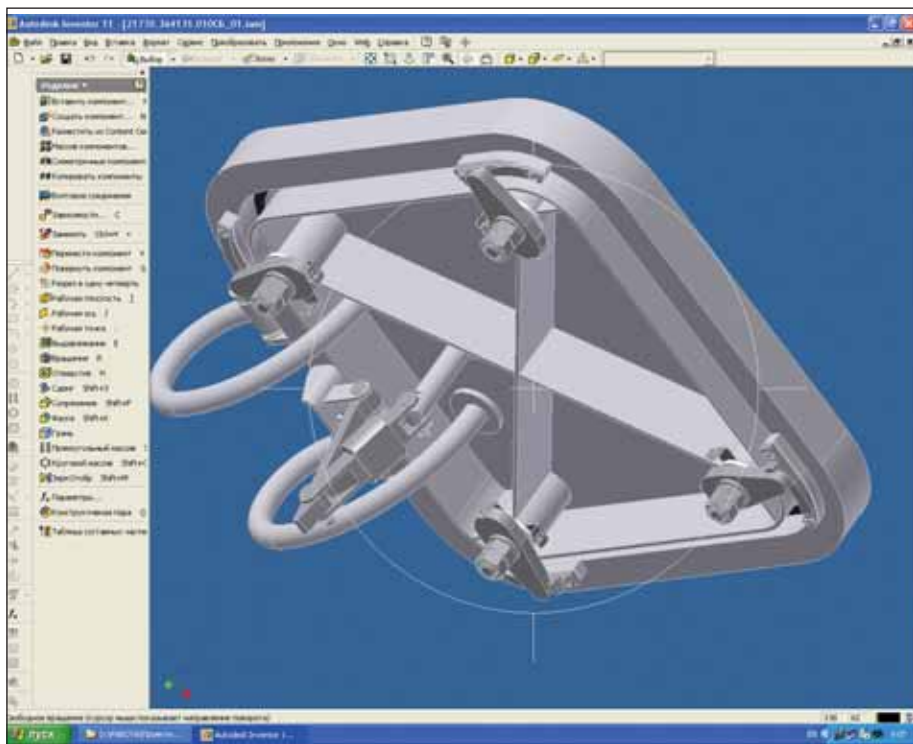


Рис. 13. Крышка МО катера

- Hanger Design (HGR) – проектирование опор для систем коммуникаций. 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 детализация разнородных коммуникаций (гидравлических, пневматических, электрических, конвейерных) без возможности автоматизированного контроля со стороны 2D-управляющих схем;
- HVAC Diagrams (HVD) – принципиальные схемы систем вентиляции, отопления и кондиционирования. Приложение предназначено для управления 3D-проектированием вентиляционных линий;
- HVAC Design (HVA) – 3D-проектирование систем вентиляции, отопления и кондиционирования. Трассировка и детализация вентиляционных линий производится с контекст-

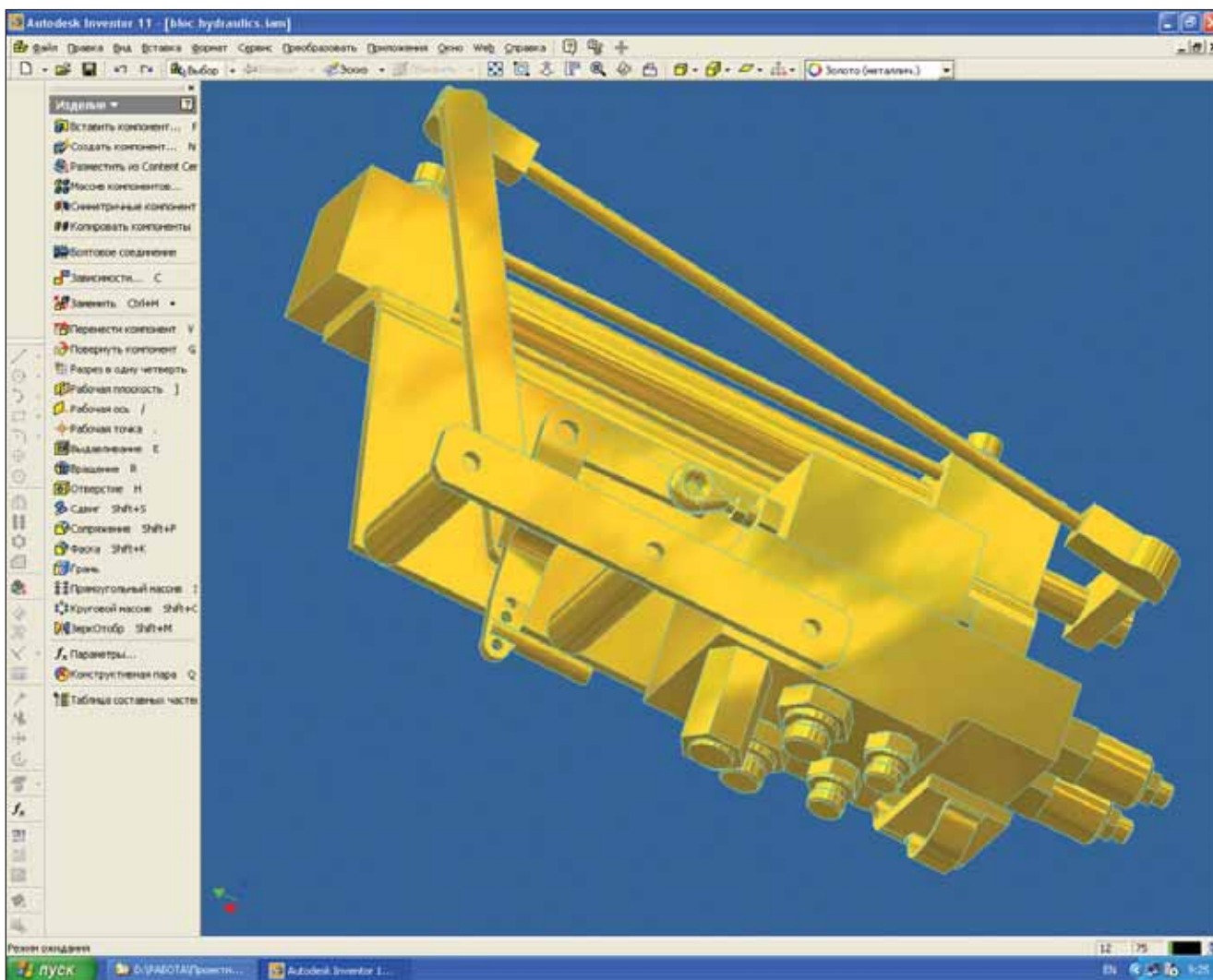


Рис. 14. Блок гидравлики катера

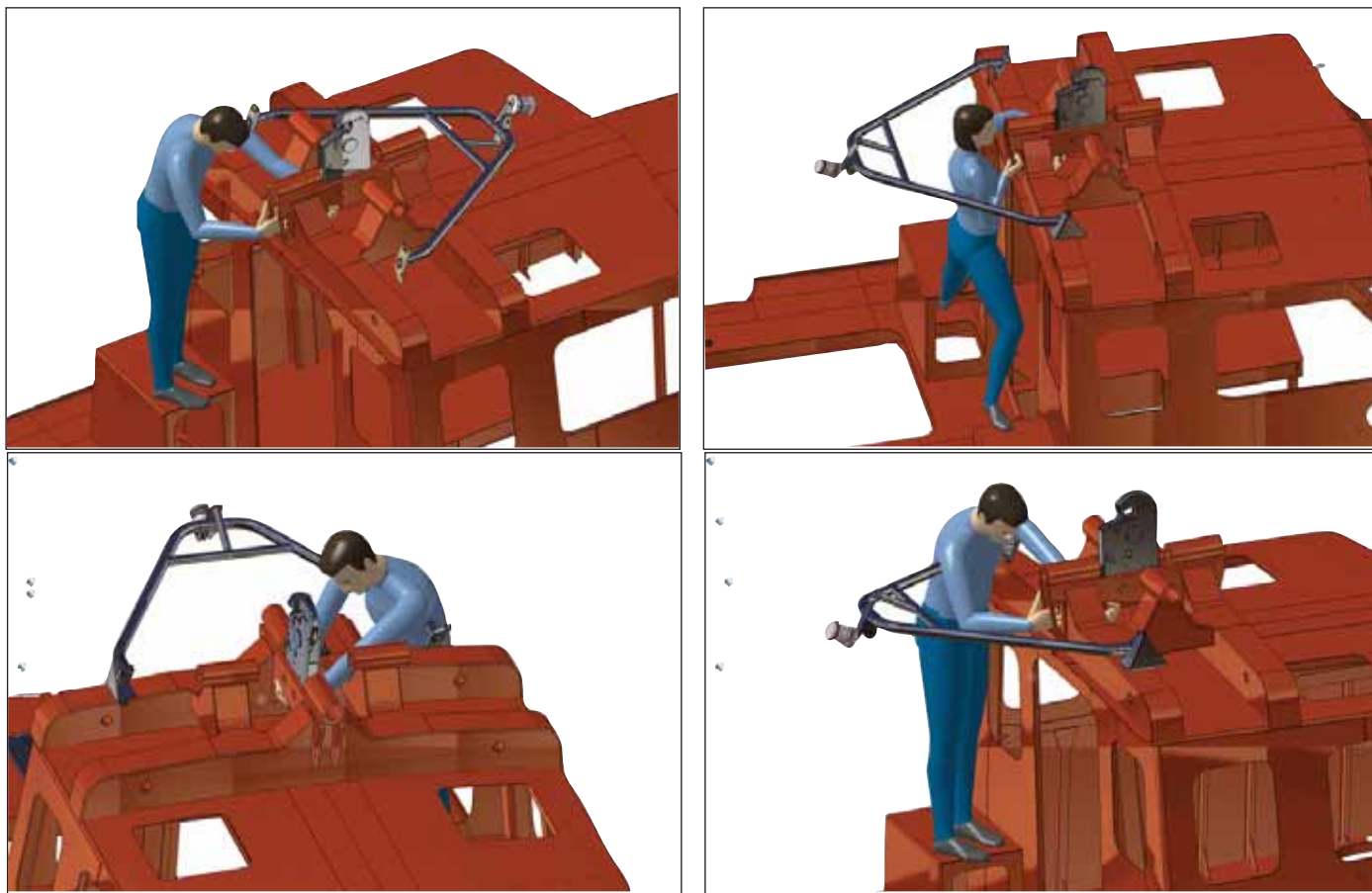


Рис. 15. Проверка возможности обслуживания СПУ при заваливании мачты

ной привязкой к соединителям оборудования, с координатной привязкой либо под управлением принципиальных схем. При проектировании 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) – 2D-схемы кабельных систем. Приложение используется для контроля и управления 3D-моделированием;
- Electrical Cableway Routing (ECR) – 3D-проектирование электрических кабельных систем. Трассировка и детализация производятся с контекстной привязкой к соединителям оборудования, с координатной привязкой либо под управлением принципиальных схем. При проектировании пользователь может в любой момент выполнить анализ соответствия текущего состава трехмерной модели и управляющей принципиальной схемы, а также проверить целостность 3D-кабельной линии.

Тем не менее основной, массовой САД-системой для внедрения 3D-технологии в производство является **Autodesk Inventor** (поставлен компанией CSoft-Бюро ESG (Санкт-Петербург).

Одним из мощных инструментов трехмерного моделирования, а также разностороннего анализа проектируемых конструкций и механизмов является Autodesk Inventor Professional, который используется на предприятии для расчетов прочности различных конструкций кораблей и судов, а также для кинематических (динамических) расчетов.

Расчетный модуль Inventor Professional (рис. 7-8) использовался, например, при расчете прочности надстройки катера в районе узла захвата подъемным устройством (вид устройства СПУ показан на рис. 5).

Заметим, что 3D-модель надстройки была выполнена в Solid Works (для оценки возможности использования файлов при формировании общей сборки модели в САПР CATIA – см. рис. 6) и передана через STEP-формат в Inventor Professional, а далее проверена на прочность соответствующим расчетным модулем Inventor.

Примеры выполнения 3D-деталей машиностроения в САПР Inventor показаны на рис. 9-14.

Подведем некоторые итоги – пока что промежуточные, поскольку в освоении технологии цифрового проектирования и производства мы прошли только часть пути.

Как показывает опыт изготовления электронно-цифрового макета и постройки катера проекта 21770 (как и многих других), разнородные САПР на предприятии ОАО "ЦС "Звёздочка" уживаются вполне мирно, дополняя друг друга своими возможностями. Главное чтобы применяемые САПР поддерживали стандарт обменного файла, лучше STEP. Причем если CATIA используется на крупных судостроительных и машиностроительных проектах, то Inventor востребован, как правило, на проектах средней сложности, для изготовления изделий МСЧ (судового и общемашиностроительного).

Полагаем, для большинства предприятий рационально приобретать лицензии САПР и высокого, и среднего, и нижнего уровня. Это представляется правильным и в отношении предприятий судостроительной отрасли.

Авторы статьи выражают признательность специалистам компаний CSoft-Бюро ESG и HETNET consulting за сопровождение и консультационную помощь в работе над проектами.

*Александр Давидович,
заместитель главного конструктора
Александр Вещажин,
инженер-конструктор 1-й категории
ОАО "ЦС "Звёздочка"*