

## Концепция PLM 2.0 в военном и гражданском судостроении

Сегодня в условиях всемирной глобализации, ужесточения требований к качеству и стоимости продукции важным конкурентным преимуществом становится сквозное информационное сопровождение жизненного цикла изделия (Product Life Cycle Management, PLM). Особенно актуально это для судостроения как для одной из наиболее наукоемких отраслей. Говорить о применении подобной концепции в российском судостроении пока преждевременно, однако опыт использования современных САПР/PLM ведущими предприятиями России существует, и преимущества применения этих систем очевидны. Для того чтобы понять причины, почему информационные технологии проектирования и производства судов еще недостаточно освоены российскими предприятиями, проанализируем историю применения PLM в мировом и отечественном судостроении.

Советская судостроительная промышленность исторически была одной из наиболее передовых в мире, однако кризис 1990-х годов стал рубежом, который для отечественного судостроения ознаменовался ощутимым сокращением государственной поддержки, в то время как зарубежом начался серьезный рост в этой отрасли, обусловленный внедрением современных информационных технологий – систем автоматизированного проектирования и сопровождения жизненного цикла изделий. В результате в настоящее время мы имеем отставание российского судостроения по уровню применяемых технологий проектирования и производства на 10-20 лет по сравнению с американскими, европейскими и азиатскими верфями. Сейчас наиболее острыми проблемами для России является более высокая, чем у зару-

бежных производителей, стоимость проектов, в том числе из-за более высоких трудозатрат, а также значительно большие сроки их выполнения. Но несмотря на это, отечественным предприятиям не только удается оставаться “на плаву”, они продолжают строить новые суда, превосходящие по своим параметрам зарубежные. Учитывая это, остается лишь предполагать, какой эффект можно было бы получить, если полноценно оснастить российское судостроение современными PLM-технологиями, и почему соответствующие решения все еще не приняты на государственном уровне.

За 20 лет, прошедшие после кризиса 1990-х, технологии PLM претерпели качественные изменения: сменилось несколько поколений программных платформ, предлагаемые решения стали более полными и эффективными, разработчики научились решать комплексные задачи реалистичного моделирования с учетом специфики судостроительной отрасли. Однако подавляющее большинство зарубежных компаний-пользователей до настоящего времени продолжают применять PLM-технологии 1990-2000-х годов, на которых в свое время начиналась разработка проектов. Мировой финансовый кризис больно ударил по судостроению во всем мире. Наиболее сильный удар пришелся именно по зарубежным компаниям, не приспособленным к выживанию в жестких условиях кризиса. Зарубежные судостроители не готовы сейчас внедрять новые поколения PLM-систем, в то время как российские производители, не обремененные устаревшими программными платформами, получают шанс совершить технологический прорыв, имея возможность учесть богатый зарубежный опыт и оснастить свои предприятия лучшими и самыми современными PLM-решениями.

### Анализ мирового рынка PLM-систем для судостроения

При проведении анализа рынка PLM-систем для судостроительной отрасли важно понимать многообразие и специфику предлагаемых решений. Представленные в настоящее время на рынке программные решения можно условно разделить на два класса: на традиционные продукты, изначально разработанные для судостроителей, и на машиностроительные САПР и PLM-системы, адаптированные к специфике судостроительной отрасли.

Традиционные системы, ориентированные только на судостроителей, были тщательно отработаны с многочисленными заказчиками, однако они создавались 30-40 лет назад и предназначались преимущественно для решения задач производства корпусов судов, что и являлось определяющим фактором их широкого распространения (стоимость корпуса составляет около 80 % стоимости судна). Расширение функциональных возможностей данного класса продуктов в области других дисциплин, таких как проектирование судовых систем и механизмов, компоновка оборудования и т.п., происходит достаточно сложно и не всегда корректно отвечает требованиям заказчиков.

Машиностроительные PLM-системы, априорно более гибкие и функциональные, стали находить применение в судостроительной отрасли только после того, как они были адаптированы к ее специфике. Безусловным лидером среди разработчиков PLM-решений стала компания Dassault Systemes со своим продуктом CATIA. Неоспоримыми преимуществами PLM-систем по сравнению с традиционными судостроительными пакетами явля-



Рис. 1. Стратегия Dassault Systemes по разработке PLM

ются: возможность в едином информационном поле выполнять точное математическое моделирование внешних омываемых поверхностей корпуса судна с полной провязкой элементов конструктивно-силового набора; возможность проводить объемную компоновку внутренних отсеков; возможность решать задачи детального проектирования сложных узлов, механизмов и систем; возможность моделировать решение задач технологической подготовки производства.

Доля машиностроительных PLM-систем в судостроительной отрасли растет с каждым годом, что подтверждается статистическими данными. По результатам исследований аналитической компании CIMdata (<http://www.CIMdata.com>), опубликованных в августе 2008 года (PLM Market Analysis 2008 Report "Actuals through 2007 and Forecasts through 2012"), общий объем применения PLM-систем в судостроении в 2007 году составил 113 млн долл. – на 30 % больше по сравнению с результатами 2006 года. По оценке CIMdata, прогнозируемый рост рынка PLM в судостроении в 2008 году должен был составить не менее 13 %, а в период до 2012 года – еще около 17 %, но мировой финансовый кризис, по всей видимости, внес свои коррективы и в эти тенденции.

Тем не менее PLM-решения не потеряли свою актуальность в 2009 году и по-прежнему востребованы предприятиями судостроительной отрасли, желающими повысить качество производимой продукции и сократить сроки выхода на рынок с новыми изделиями.

## PLM-решение Dassault Systemes для судостроения

Компания Dassault Systemes, являясь ведущим разработчиком решений для сопровождения жизненного цикла изделий, в составе своего портфеля PLM-технологий предлагает отраслевое решение, в котором базовая конфигурация CATIA дополняется судостроительными модулями. Первые специализированные модули CATIA для судостроения были представлены на рынке еще в начале 1990-х годов. В 2001 году было выпущено следующее поколение решений на платформе V5, отлично зарекомендовавшее себя на многих зарубежных и отечественных предприятиях, а в 2008 году увидело свет новейшее поколение V6 на платформе PLM 2.0, которое уже находит применение в целом ряде перспективных проектов (рис. 1). Следует отметить, что некоторые из специализированных судостроительных

модулей CATIA разрабатывались по контракту с Военно-Морскими силами США в период с 2000 по 2004 год, что подтверждает реальную практическую применимость этих модулей для проектирования судов не только гражданского, но и военного назначения.

Система CATIA сегодня наиболее полно реализует возможности идеологии электронно-цифрового моделирования и является наиболее удачной основой для создания цифрового макета судна. CATIA предоставляет возможность эффективно решать все задачи инженерной и технологической подготовки производства – от концептуального проектирования до выпуска чертежей, спецификаций, монтажных схем и генерации управляющих программ для обработки деталей на станках с ЧПУ. Согласно статистике, каждые 2 доллара, инвестируемые в систему проектирования судна на базе CATIA, дают выигрыш в 10 долларов при производстве отдельных деталей и узлов и их окончательной сборке.

В настоящее время наиболее востребованными судостроительными модулями являются приложения для моделирования сложных судовых поверхностей – Generative Shape Design (GSD) и Freestyle Shaper (FS1), а также модули для проектирования судовых корпусных конструкций – Structure Design (SR1), Structure Functional Design (SFD) и Structure Detailed Design (SDD). С помощью модуля SFD решаются задачи функционального проектирования корпусных конструкций (рис. 2). В нем моделируются главные несущие элементы

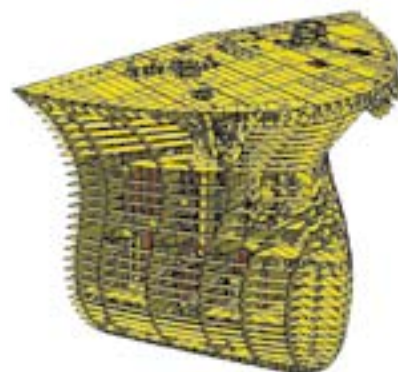


Рис. 2. Проектирование несущих конструкций корпуса

корпуса – настилы палуб и переборки, поперечные и продольные подпалубные связи, шпангоуты, пиллерсы и флоры, которые опираются на внешние и внутренние формообразующие поверхности. С помощью модулей SR1 и SDD выполняется детализация моделей судовых блоков и секций – моделирование локальных ребер жесткости, подкреплений и бракет, вырезов для пересекающихся связей, оформление законцовок элементов набора, листов судовой обшивки, а также подготовка под сварку и окраску.

Проектирование судовых инженерных коммуникаций, трубопроводов и кабельных систем выполняется в специализированных судостроительных модулях CATIA (рис. 3). Модуль Equipment Arrangement (EQT) позволяет на основе твердотельных заготовок определять объекты оборудования, привязывая к ним технологические параметры, а также устанавливать на оборудование соединительные элементы и сохранять объекты в структуре каталогов. При размещении оборудования 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).

Модули Systems Diagrams (SDI) и Piping & Instrumentation Diagrams (PID) служат основой для 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. Трассировка и детализация трубопроводных линий производится в модуле Piping Design (PIP) 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. Модуль Hanger Design (HGR) используется при проектировании опор для систем коммуникаций и содержит библиотеку заготовок типовых опорных конструкций, которые можно модифицировать и к которым можно добавлять соединительные элементы, устанавливающие ассоциативную связь с трассировкой трубопроводной линии.

Трассировка и детализация разнородных коммуникаций (гидравлических, пневматических, электрических, конвейерных и др.) выполняются с помощью модуля Systems Routing (SRT), а проектирование принципиальных схем систем вентиляции, отопления и кондиционирования для управления 3D-проектированием вентиляционных линий – в модуле HVAC Diagrams (HVD). Модуль HVAC

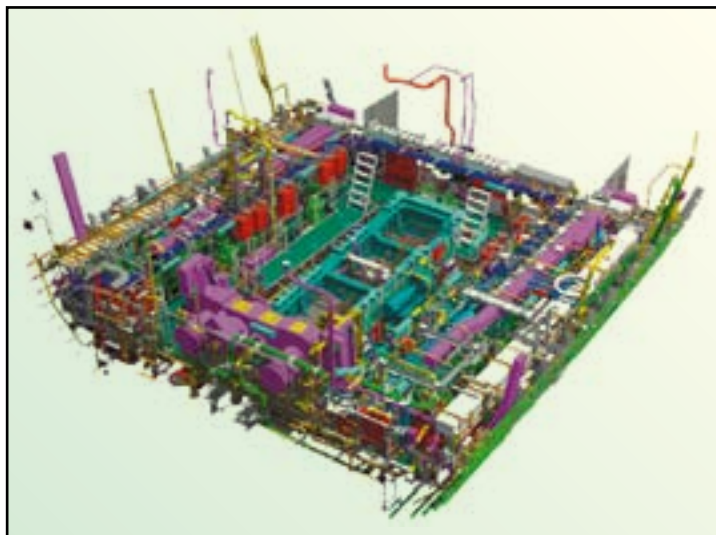


Рис. 3. Проектирование систем (трубопроводы, кабели, вентиляция и др.)

Design (HVA) обеспечивает 3D-проектирование систем вентиляции, отопления и кондиционирования.

Модуль Electrical Diagrams (ELD) автоматизирует проектирование 2D-схем кабельных систем для контроля и управления 3D-моделированием. 3D-проектирование электрических кабельных систем выполняется в модуле Electrical Cableway Routing (ECR).

Трассировка и детализация вентиляционных и кабельных линий также 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 и 3D-кабельной линии.

Интерактивная техническая и эксплуатационная документация, электронные каталоги и обучающие системы становятся стандартом де-факто при поставке продукции заказчиком. Поэтому автоматизация труда разработчиков интерактивной технической документации приобретает все большую актуальность, причем от правильного выбора программно-технических средств напрямую зависит эффективность работы этих специалистов, а значит и качество выполняемых ими работ. В составе своего портфеля PLM-технологий компания Dassault Systemes предлагает пакет 3DVIA Composer – универсальный инструмент,

предназначенный для создания интерактивной технической документации на проектируемые изделия. С помощью удобной и функциональной системы разработки мультимедийного контента 3DVIA Composer автоматизирует процедуры сборки/разборки изделия, создания технических иллюстраций, интерактивных 3D-анимаций, маркетинговых материалов, каталогов продукции, обучающих руководств и т.д. Отличительной особенностью 3DVIA Composer является то, что он базируется полностью на 3D-технологиях. Удобный формат и открытая XML-архитектура 3DVIA Composer позволяют широкому кругу пользователей, не имеющих специальных навыков работы в CAD-системах, создавать 2D- и 3D-презентационные материалы, используя цифровые модели про-

ектируемых изделий. Применение 3DVIA Composer позволяет существенным образом сократить время, затрачиваемое на переделку или обновление документации при внесении изменений в конструкцию изделия. Обновление происходит автоматически за счет ассоциативной связи с конструкторской 3D-моделью. Стоимость и сроки разработки документации также сокращаются за счет более эффективного использования информации о проектируемом изделии: разработку документации в 3DVIA Composer можно начинать на ранних этапах, когда конструкторская модель еще не сформирована полностью, а по завершении проектирования можно легко обновлять графический и мультимедийный контент в подготовленном шаблоне документа. Интерактивные документы, созданные в 3DVIA Composer, могут быть защищены от нелегального использования путем назначения прав доступа к функциям просмотра, копирования и печати, а также с помощью функций полного или частичного отображения/скрытия отдельных элементов или преднамеренного понижения качества 3D-модели в случаях, когда ее геометрические параметры представляют собой интеллектуальную собственность. 3DVIA Composer находит успешное применение в отделах продаж, маркетинга, сервисного обслуживания, обучения, в конструкторских и производственных подразделениях.

Проектно-конструкторские и технологические модули CATIA, некоторые из которых были перечислены выше, дополняются рядом специализированных продуктов DELMIA, предназначенных для автоматизированной разработки технологических процессов заготовительного и сборочного производства, а также продуктов ENOVIA для информационной поддержки процессов управления данными, обеспечения коллективной работы над проектом, согласования документов и др. Подробную спецификацию PLM-модулей для судостроения можно получить по запросу у официальных дистрибьюторов Dassault Systemes.

## Заказчики Dassault Systemes в судостроительной отрасли

PLM-решения Dassault Systemes очень широко применяются на предприятиях гражданского и воен-

ного судостроения по всему миру (рис. 4). Основные пользователи PLM-решения – американские судостроительные компании (Newport News, Bath Iron Works и др.), имеющие несколько тысяч рабочих мест CATIA, а также многочисленные заказчики во Франции (DCNS,

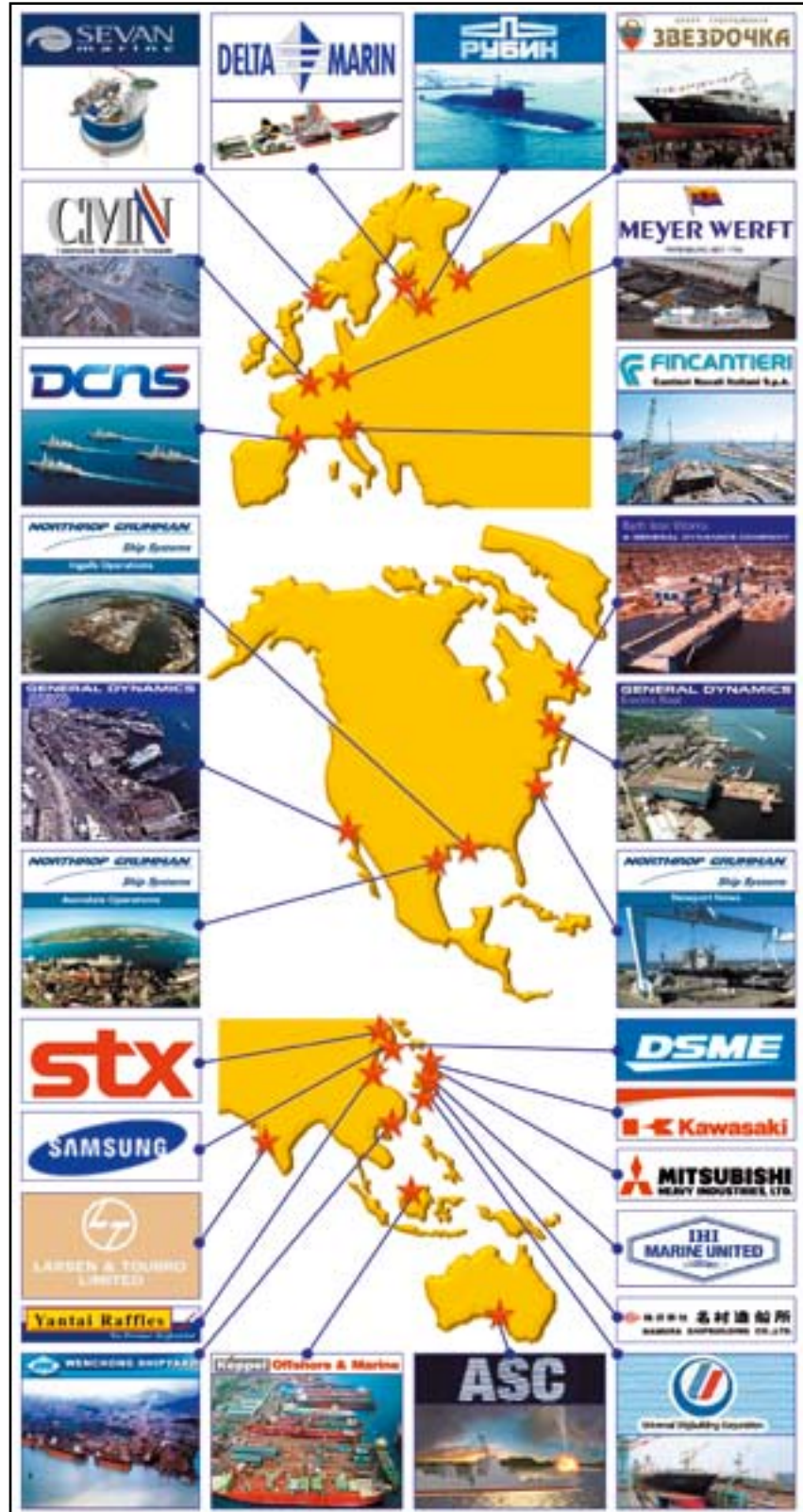


Рис. 4. Заказчики Dassault Systemes в судостроении

Шербурская верфь) и Финляндии (DELTA Marine), специализирующиеся на создании трансатлантических и пассажирских лайнеров высшего класса, различных типов паромов, яхт класса люкс и супер-яхт, на производстве двигательных установок и разработке дизайна внутренних судовых помещений. Имеются заказчики в Германии, среди которых можно особо выделить верфь Meyer Werft, имеющую репутацию производителя самых современных и комфортабельных круизных лайнеров в мире, а также других первоклассных судов, среди которых элитные автомобильные и пассажирские паромы, нефтяные танкеры и грузовые суда. PLM-продукты Dassault Systemes используют также и военные судостроители, которые производят высокоскоростные корабли, эсминцы, другие суда военного назначения, например патрульные и ракетные катера, а также атомные подводные лодки по заказам Министерства обороны Великобритании, ВМС США, Нидерландов и Австралии. Такие заказчики, как ВМС США, Meyer Werft, Beneteau, не только используют PLM-решения Dassault Systemes, но и помогают развивать и дополнять их.

Российские судостроители также успешно применяют в своей работе продукты CATIA, ENOVIA, DELMIA. Среди заказчиков Dassault Systemes в России – ОАО «Адмиралтейские верфи», ОАО «Центр судостроения «Звездочка», ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта», ОАО «ЦКБ МТ «Рубин», ОАО «Северное проектно-конструкторское бюро», ОАО «Московский судостроительный и судоремонтный завод», ЗАО «Аквamarin» и др.

Понимая важность подготовки специалистов для предприятий российского судостроения, Dassault Systemes планомерно развивает и успешно наращивает стратегическое партнерство с ведущими отраслевыми вузами, которым предлагается полноценное PLM-решение на специальных льготных условиях. В рамках сотрудничества с высшими образовательными учреждениями разрабатываются учебно-методические материалы по PLM, проводится сертификация преподавателей

и студентов. Не так давно Dassault Systemes совместно с IBM открыла крупнейший в России Центр компетенции CATIA для судостроения (CATIA Shipbuilding Centre) на базе Санкт-Петербургского Государственного Морского Технологического Университета. В рамках реализации социальной инициативы «К образовательному обществу!» компания предоставила 2300 вузам в разных странах мира более 45 000 академических лицензий на свои PLM-продукты, на которых ежегодно обучаются свыше 1 миллиона студентов.

### **Применение CATIA, DELMIA и ENOVIA в военном судостроении**

Рассмотрим применимость PLM-решения Dassault Systemes, базирующегося на продуктах CATIA, DELMIA и ENOVIA, в военном судостроении на примере проекта десантно-вертолетного корабля-дока LPD-17 «Сан Антонио» ВМС США.

Известно, что десантные операции занимают особое место в планах командования американских ВМС при ведении боевых действий в послевоенных конфликтах. Изменения в глобальной военно-политической ситуации привели к разработке в Соединенных Штатах новой стратегической концепции действий со стороны моря в ходе локальных войн, которая придает десантным операциям еще большее значение. Поэтому программы строительства специализированных и многоцелевых десантных кораблей являются одними из приоритетных, несмотря на финансовые ограничения и сокращение боевого состава флота.

В 1993 году министерство обороны США приняло программу строительства серии десантно-вертолетных кораблей-доков типа «Сан Антонио» общей стоимостью более 27 млрд долларов, а в 1996 году началось ее финансирование. Головной корабль получил обозначение LPD-17 и был заложен 9 декабря 2000 года (рис. 5). Строительство было завершено 12 июля 2003 года, а передача корабля флоту, комплектация личным составом и включение его в состав боеготовых сил состо-



Рис. 5. Фото и цифровой макет LPD-17

ялись 14 января 2006 года. Таким образом, на постройку головного корабля (с момента подписания контракта и до передачи флоту) потребовалось 66 месяцев, из которых на проектирование и подготовку производства было затрачено около 18 месяцев.

Основные тактико-технические характеристики корабля: полное водоизмещение 25 300 т, длина 208,4 м, ширина 31,9 м, осадка 7 м, двухвальная дизельная главная энергетическая установка мощностью 40 000 л.с. позволяет развивать максимальную скорость 22 узла, экипаж насчитывает 465 человек, включая 32 офицера. Корабль может принять на борт 750 морских пехотинцев, два самолета MV-22 "Оспрей", два тяжелых транспортно-десантных вертолета CH-53E "Супер Стэльен", четыре CH-46E "Си Найт" или AH-1W "Супер Кобра", размеры ангара позволяют установить там один самолет MV-22 "Оспрей" или вертолет CH-53E "Супер Стэльен", два вертолета CH-46E или три AH-1W "Супер Кобра". Под полетной палубой находится помещение, в котором могут разместиться два десантных катера на воздушной подушке типа LCAC. Колесная техника располагается на трех палубах (общий объем 2325 м<sup>3</sup>). Авиационное топливо типа JP-5 для вертолетов и дизельное для военной техники морской пехоты находится в емкостях общим объемом соответственно 1200 и 38 м<sup>3</sup>.

С точки зрения применения PLM-технологий в военном судостроении десантно-вертолетный корабль-док LPD-17 является беспрецедентным проектом. Это первое судно подобного класса и назначения, корпус которого был спроектирован с применением технологии поверхностного моделирования вместо использования традиционной, но менее точной, каркасной технологии. Также LPD-17 – первое судно, чертежи которого стали передаваться в производство на стадии, когда проект был проработан не более чем на 20-30 %, потому что точная математическая модель CATIA гарантировала отсутствие конструктивных ошибок уже на начальных стадиях проектирования.

Применение системы цифрового производства DELMIA позволило точно смоделировать технологические процессы сборки корпуса судна прежде, чем начались подготовительно-заготовительные работы. Богатый набор средств визуализации DELMIA обеспечил возможность непрерывного контроля за ходом работ, а технологи смогли проанализировать и отработать различные сценарии процессов сборки/разборки на каждой стадии проекта. Таким образом, в проекте LPD-17 ни один лист стали не был раскрыт или приварен, до тех пор пока соответствующие операции не были промоделированы на компьютере и не было доказано отсутствие ошибок.



Рис. 6. Проект десантно-вертолетного корабля-дока LPD-17 "Сан Антонио" ВМС США

Судно было сначала собрано на экране, блок за блоком, чтобы можно было удостовериться в стопроцентной собираемости изделия (рис. 6). Каждая секция корабля была смонтирована и демонтирована в виртуальном цифровом макете с обязательной проверкой последовательности сборки, правильности размещения оборудования и элементов систем, возможности выполнения монтажных работ в ограниченном пространстве.

Кораблестроительная верфь Bath Iron Works (США), на которой закладывался головной корабль серии LPD-17, совместно с Управлением морских исследований ВМС США (US Navy office of Naval Research) выполнила проект моделирования цифровой верфи, используя программные продукты CATIA и DELMIA. В рамках проекта было проведено исследование, целью которого был поиск путей уменьшения стоимости монтажных работ военных кораблей на примере десантно-вертолетного корабля-дока LPD-17 "Сан Антонио"

ВМС США. Был создан цифровой макет верфи, в котором был размещен цифровой макет LPD-17. На цифровом макете были отработаны различные аспекты производственного процесса, связанные с логистикой механо-сборочного производства, анализом эргономики монтажных работ, расчетом норм времени и стоимости выполнения производственных операций. Цифровое моделирование верфи позволило сократить количество натурных испытаний, что существенно сказалось на снижении стоимости оснащения и технологической подготовки производства. По результатам выполнения проекта LPD-17 Управление морских исследований ВМС

США сообщило, что использование PLM-решения на базе продуктов CATIA и DELMIA позволило сэкономить более 370 миллионов долларов от общей стоимости программы строительства судна.

Сегодня отечественные судостроительные верфи поставлены перед необходимостью адаптировать свое производство к жестким требованиям, выдвигаемым рынком в отношении сокращения времени проектирования и его стоимости. Вертикальность процессов конструирования уступает место интеграции, модульности, методам коллективной разработки. Учитывая это, компания Dassault Systemes предлагает специальное PLM-решение для судостроения, хорошо адаптированное к требованиям российского рынка и отлично зарекомендовавшее себя на крупнейших предприятиях во всем мире.

**Артем Аведьян, к.т.н.,  
директор по развитию бизнеса,  
Dassault Systemes Russia Corp.**

3dvia  composer



## РЕВОЛЮЦИЯ В РАЗРАБОТКЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

**3DVIA Composer** позволяет пользователям, не имеющим специальных навыков, создавать ассоциативные 2D- и 3D- презентационные материалы, используя цифровые модели изделий

**3DVIA Composer** находит успешное применение в отделах продаж, маркетинга, сервисного обслуживания, обучения, в конструкторских и производственных подразделениях



Более подробно о решении:  
[www.3dviacomposer.com/no-engineers-required](http://www.3dviacomposer.com/no-engineers-required)  
[www.3dmojo.com](http://www.3dmojo.com)

