

# Интегральный процесс проектирования средствами 3D САПР на начальных этапах проекта

Обычно процесс проектирования судна разбит на несколько этапов, в большинстве случаев выполняемых разными организациями с использованием разных инструментов, обеспечивающих решение в узком спектре задач. Вместе с тем, высокая конкуренция в судостроении, последовательное сокращение сроков поставки и оптимизация проектирования влекут за собой наложение этапов проектирования друг на друга, вынуждая использовать итеративный и интегральный процесс проектирования. Данный материал демонстрирует на примере возможностей Системы FORAN удобство использования единого 3D-инструмента на всех этапах проектирования и преимуществ такого подхода с технической, экономической и временной точек зрения. Кроме того, в статье дан обзор инструментов Системы FORAN, используемых на этапах эскизного и технического проектов.

Традиционно процесс проектирования состоял из нескольких этапов, каждый из которых имел свои цели и область применения. Этапы следовали друг за другом по спирали: концептуальный (эскизный) проект, технический (класс-) проект и рабочий проект. Они выполнялись последовательно, и каждый следующий этап начинался только после того, как предыдущий был закончен и утвержден (рис. 1).

Однако изменения, о которых говорилось выше, вынудили отказаться от последовательного процесса проектирования. Этапы проектирования могут накладываться друг на друга, начинаться раньше, чем предыдущий этап был закончен или утвержден. Более того, во многих случаях этапы проектирования выполняются одновременно. В этом случае спиральная схема превращается в набор концент-

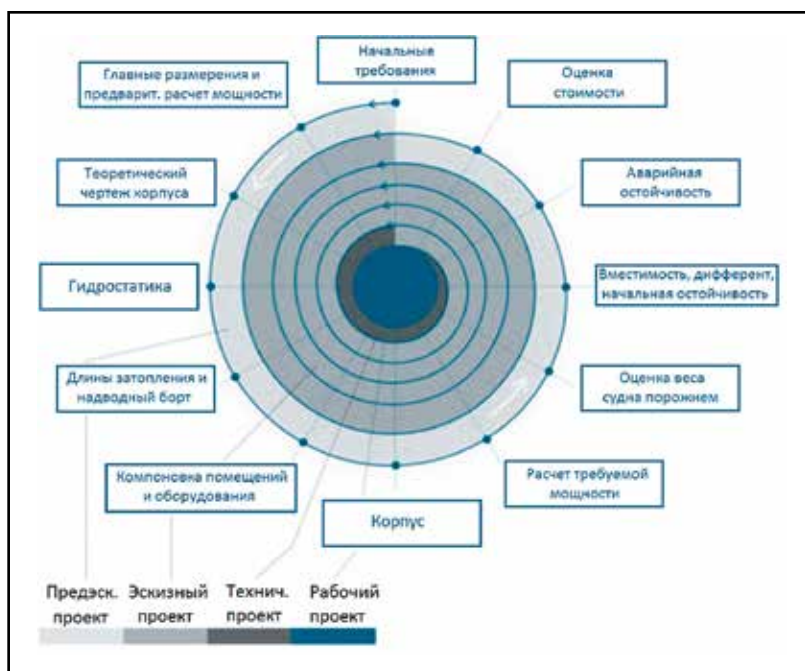


Рис. 1. Схема традиционного спирального процесса проектирования судна

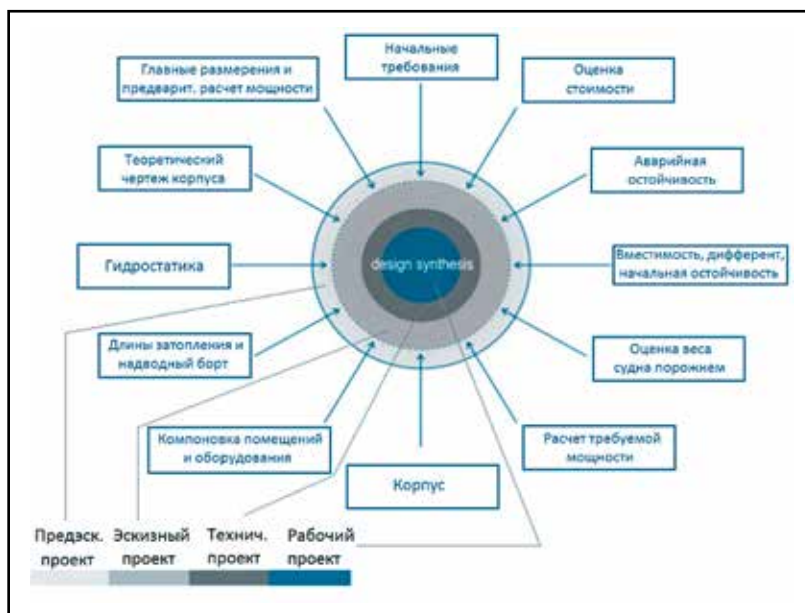


Рис. 2. Схема интегрального процесса проектирования

рических окружностей, где нет четкого окончания одного этапа и начала другого. Именно такой подход к проектированию, который мы называем “интегральный процесс проектирования”, считается современными инженерами стандартным (рис. 2).

Несмотря на то, что нет четкого разграничения производительности между различными этапами проектирования, тот вклад, что каждый из них вносит в стоимость проекта, различен. Так, последствия решений, принятых на ранних стадиях проекта, имеют гораздо большее значение, чем решения принятые на более поздних этапах. Это обстоятельство, а также то, что зачастую правильность или ошибочность решений, принятых на определенном этапе, видна только после завершения проекта, предполагают использование одного инструмента на всех этапах проектирования.

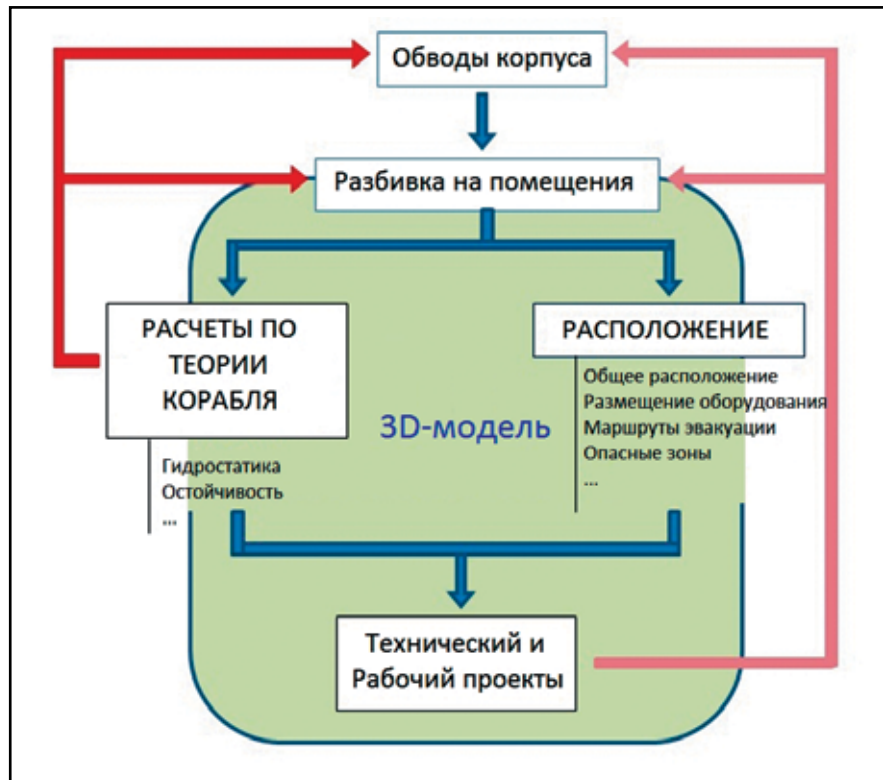


Рис. 3. Алгоритм работы на ранних стадиях проектирования

## Инструменты проектирования

Традиционно 3D CAD-системы использовались на поздних этапах проектирования, обычно на этапе рабочего проекта. На сегодня крупные проектные бюро осознали важность использования 3D-модели на этапе технического (класс-) проекта. Это позволяет оценить принятые решения и помогает исправить ошибки. Однако консенсус по вопросу использования 3D CAD-систем на ранних этапах проектирования все еще не достигнут.

Фактически, кроме обводов корпуса выходные данные, генерируемые на ранних этапах, не требуют наличия 3D-модели. По этой причине разработчики программного обеспечения для этих этапов проектирования не уделяли этому достаточно внимания. Как следствие, взаимодействие между ПО ранних этапов проектирования и 3D CAD-системами ограничивалось обменом информацией в части линий обводов судна и палуб. Однако на ранних этапах могут быть созданы концепции, которые будут использованы на поздних стадиях (с экономией времени). Более того, элементы, созданные на поздних этапах, могут иметь обратную связь с ранними этапами и позволят пересмотреть ранее принятые решения. По этой причине очень важно, чтобы решения на ранних этапах проектирования (в основном касающиеся задания обводов и расчетов по теории корабля) выполнялись в той же системе, что и поздние этапы. По крайней мере, необходима возможность обмена данными максимально эффективным способом.

## Интегральное проектирование на ранних этапах

Выходная информация, генерируемая на ранних этапах, может быть разбита на четыре группы:

1. обводы корпуса;
2. разбивка на помещения (задание отсеков, цистерн и т.д.);
3. расчеты по теории корабля (включая расчет требуемой мощности и оценку веса);
4. расположение (в основном общее расположение, включая опасные зоны, маршруты эвакуации и т.д.).

Очень важно объединить эти четыре группы данных таким образом, чтобы ими можно было легко управлять и на их основе автоматически выпускать выходную документацию. Более того, поскольку большое количество параметров на раннем этапе имеют оценочный характер, то очень важно иметь возможность корректировать эти данные, внося изменения на более поздних этапах проектирования (рис. 3).

Именно такой интегральный подход к проектированию судов на ранней стадии принят компанией SENER в Системе FORAN.

## Методология FORAN

### Философия FORAN

Ниже перечислены ключевые моменты, которые позволяют Системе FORAN реализовать этот подход:

- **База Данных.** Система FORAN построена на реляционной базе данных, которая обеспечивает единственные и истинные данные на протяжении всех этапов работы над проектом.

► **Топология.** Топология Системы FORAN предоставляет возможность быстрого внесения изменений, которые применяются ко всей модели буквально одним кликом мыши. Это особенно важно на ранних стадиях проектирования, когда в проект вносятся важные изменения, и серьезные решения должны приниматься при наличии максимально возможного количества реальной информации.

► **Интеграция.** В Системе FORAN все судостроительные дисциплины полностью связаны между собой в единую среду. Таким образом, для создания 3D-модели на ранних этапах используются те же инструменты, что и на этапе рабочего проекта. Благодаря возможности повторного использования информации значительно сокращается объем работ, выполняемых на этапе рабочего проекта.

Предлагаемое решение основано на 3D-модели, в которой хранятся геометрия и атрибуты элементов судна. Построение модели является неотъемлемой частью конструкторской работы. На любом этапе модель можно посмотреть, извлечь из нее информацию, необходимую для отдела снабжения и производства.

Построение модели в FORAN на раннем этапе позволяет улучшить процесс проектирования судна и изучить различные альтернативные решения за более короткий промежуток времени, тем самым сокращая как график поставки, так и стоимость проекта. В результате появляется возможность достичь высокой производительности проектирования и получить высококачественный и конкурентоспособный продукт. Благодаря единой БД решение FORAN основано на интеграции всех этапов проектирования и дисциплин, что также позволяет организовать совместную работу и гарантирует целостность информации.

Использование топологической модели вместо геометрической облегчает ее создание, позволяет производить быстрый анализ альтернативных решений и упрощает процесс внесения изменений, потребность в которых часто существует на ранних этапах. Главное преимущество топологического способа создания модели, где геометрические данные не сохраняются, а вычисляются в режиме online, заключается в том, что изменения поверхности судна автоматически инициируют изменения в зависимых деталях путем их пересчета. Кроме этого, топологический подход позволяет реализовать очень мощный инструмент команд копирования элементов, что гораздо эффективнее работы с обычной геометрией. Еще одно преимущество топологической модели – это гораздо меньший размер информации, хранящейся в БД, по сравнению с геометрической моделью.

Ключевой аспект процесса проектирования заключается в создании единой 3D-модели судна, которая

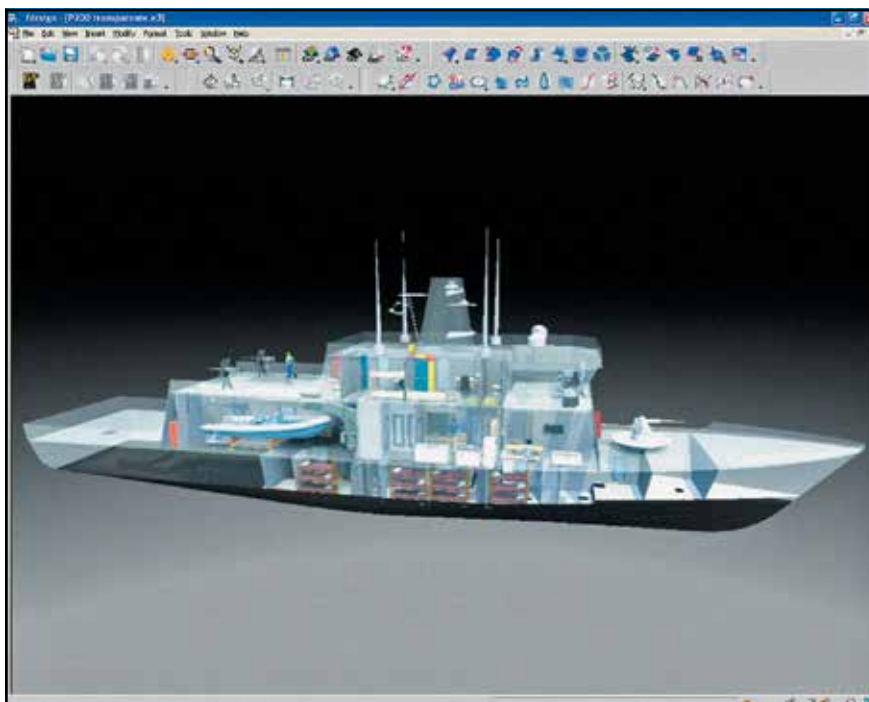


Рис. 4. Разбивка судна на помещения в FORAN

доступна для нескольких конструкторов, работающих параллельно на всех этапах проекта. По мере работы над проектом уровень детализации растет, и различные детали модели делятся в соответствии с подходом “сверху-вниз”. Решение, предлагаемое FORAN, включает инструменты, которые обеспечивают прямой переход от технического к рабочему проекту с помощью простых операций, таких как: разбивка блоков, присвоение деталей к секциям и заполнение модели атрибутами, необходимыми на стадии производства.

## Создание обводов корпуса

FORAN предоставляет инструментарий для создания модели поверхности на основе NURBS-моделирования. Модель поверхности – это один из самых важных компонентов модели судна, особенно на этапах технического и рабочего проектов. NURBS считается стандартом для представления поверхностей в CAD-проектировании и в большинстве случаев подходит для задания обводов судна. Можно задавать неограниченное количество NURBS-патчей, которые будут формировать корпусные обводы судна. Эти патчи можно редактировать и выполнять над ними полный набор геометрических преобразований.

Для создания качественной модели поверхности Система предоставляет передовой набор инструментов для сшивки патчей с другими патчами и кривыми, сглаживания кривых и патчей, управления тангенциальной непрерывностью на границах патчей и т.д.

Файл обводов включает в себя также шпангоутную сетку, поверхности палуб и переборок.

## Разбивка на помещения

После создания обводов корпуса, задания палуб и переборок можно приступить к созданию помещений, каковой процесс благодаря удобному интерфейсу производится быстро и легко.

Все построения выполняются в иерархическом дереве: теоретические поверхности, помещения и различные варианты их разбивки, что позволяет рассматривать для проекта различные варианты разбивки на помещения. В 3D-среде, используя в качестве начальной информации основные поверхности судна, любое помещение можно задать с помощью подпространств, геометрических представлений помещений. Подпространства создаются с помощью различных геометрических операций. Комбинируя подпространства, можно создавать помещения со сложной геометрией, задавать отрицательные пространства и выступающие части, такие как подруливающие устройства и рули (рис. 4). Топологическое задание этих элементов гарантирует, что любое изменение их границ приведет к автоматическому изменению геометрии помещения.

## Расчеты по теории корабля

### Гидростатика

Назначение этого модуля заключается в расчете:

- ▶ гидростатических характеристик;
- ▶ масштаба Бонжана;
- ▶ шкалы дедевейта;
- ▶ интерполяционных кривых остойчивости;
- ▶ высоты надводного борта;
- ▶ предельных длин затопления отсеков;
- ▶ строевой по шпангоутам и полуширотам;
- ▶ диаграммы кренования.

Гидростатические значения вычисляются для различных осадок, различных углов дифферента и для разных плотностей морской воды. Дополнительно есть возможность получить отчет для условий прогиба и перегиба судна.

Интерполяционные кривые остойчивости получают для различных углов дифферента, крена и осадок, которые могут задаваться пользователем или выбираться из стандартного набора. Расчет выполняется для судна на спокойной воде, трохoidalной или синусоидной волне. В расчетах учитываются отверстия в корпусе судна.

Расчет надводного борта выполняется в соответствии с Конвенцией о грузовой марке 1966 года и ее последними обновлениями.

### Остойчивость неповрежденного судна

Основные выполняемые расчеты:

- ▶ распределение веса судна порожнем и кренование;
- ▶ загрузочные условия и расчет равновесной ватерлинии;
- ▶ расчет остойчивости с соблюдением критерия остойчивости;
- ▶ расчет продольной прочности.

Распределение веса судна порожнем вычисляется по экспертной оценке или задается напрямую. Важно отметить, что цель этой работы не расчет веса судна порожнем, который всегда является исходными данными, а именно определение распределения веса судна порожнем. Чем полнее построена 3D-модель, тем точнее будет расчет, поскольку тем больше весов

будет подсчитано на основе реальных данных, а не экспертной оценки.

Можно производить проверки на соответствие международным и национальным правилам остойчивости, особым критериям для специальных судов в соответствии с требованиями классификационных обществ, а также критерии может задавать сам пользователь.

Расчет продольной прочности производится для судна на спокойной воде, трохoidalной или синусоидальной волне. Можно получить кривые перерезывающих сил и изгибающего момента, распределенные по практическим шпангоутам. Также вычисляются перерезывающие и изгибающие отклонения.

Программа позволяет работать с различными типами грузов:

- ▶ грузы в заданных отсеках;
- ▶ модульные грузы (специальные возможности для задания грузов в контейнерах и паллетах);
- ▶ прочие грузы (задается вес, распределение и положение центра тяжести).

После обчета загрузочного условия программа выдает информацию о весе, координатах центра тяжести (общий и поэлементный), равновесной ватерлинии и плавучести на ровном киле, таблицы статической и динамической остойчивости, о проверке остойчивости, перерезывающих силах, изгибающих моментах, отклонениях и т.д.

### Остойчивость поврежденного судна

Цель этой задачи – расчет условий затопления (задается как комбинация начальных условий и условий повреждения) и остойчивости поврежденного судна в соответствии с детерминистическим и вероятностными методами, в зависимости от типа судна.

Для **детерминистического** способа входными данными являются начальные условия, заданные ранее определенным загрузочным условием, осадками на носовом и кормовом перпендикулярах, высотой центра тяжести (ЦТ) и набором осадок (для расчета максимальных высот ЦТ)

Условие повреждения задается поврежденным помещением, коэффициентом его заполнения, и, в случае наличия жидкостей, процентом заполнения и плотностью.

В результате получается информация о равновесной ватерлинии, соответствии выбранным международным и национальным критериям остойчивости, положению центра величины и положению отверстий в корпусе судна. Также в графическом виде отображается информация о затопленных помещениях. Для промежуточных стадий затопления также вычисляются равновесная ватерлиния, кривые статической и динамической остойчивости. Также можно посчитать максимальные высоты ЦТ и разлив воды по палубе с учетом оставшейся высоты надводного борта и остойчивости поврежденного судна.

Для **вероятностного** метода вычисляются достигнутый индекс разбивки 'A' и требуемый индекс 'R' для грузовых и пассажирских судов в соответствии с послед-

ними версиями правил классификационных обществ для грузовых и пассажирских судов.

В самом начале проекта, используя обводы корпуса и задав главную палубу, можно создать геометрическую разбивку и автоматически сгенерировать помещения судна. Эта опция позволяет задать окончательную разбивку судна на помещения в соответствии с Правилами. На более поздних стадиях проекта, когда уже заданы помещения и загрузочные условия, модуль учитывает условия остойчивости неповрежденного судна и устанавливает связь между помещениями и геометрической разбивкой, заданной в модуле.

В процессе работы разбивку можно задавать, выбирая набор сечений (поперечные, продольные и горизонтальные) и условия остойчивости неповрежденного судна.

## Оценка требуемой мощности

Этот раздел содержит в себе несколько задач: расчет буксировочного сопротивления посредством самых современных оценочных методов, выбор винта, силовой установки, геометрии руля и маневренных качеств, геометрии винта и схематичное задание профиля кормы.

Для расчета кривых мощность-скорость в качестве исходных данных требуется информация о главных измерениях судна. Эти данные берутся из файла геометрических обводов судна или могут быть введены вручную.

После задания диапазона скоростей в зависимости от типа судна конструктор может выбрать соответствующий способ оценки мощности. Различные методы оценки мощности позволяют быстро сравнить результаты расчетов для разных типов судов.

При задании винтов доступны следующие варианты: винты серии Wageningen B, гребные винты в направляющей насадке, Gawn-Burril и Newton-Rader.

В качестве исходных данных указывается:

- ▶ диаметр винта и скорость судна;
- ▶ частота вращения винта и скорость судна;
- ▶ имеющаяся мощность и диаметр винта;
- ▶ имеющаяся мощность и частота вращения винта.

В итоге расчета получается информация о главных характеристиках винта, кривые мощность-скорость (если требуется, на промежуточных осадках), оценка для эксплуатационных и испытательных условий (для траулеров также на трале) и диаграммы винтов на свободной воде.

## Корпусные конструкции на этапе технического проекта

После того, как были созданы обводы судна, палубы, переборки и другие необходимые поверхности, можно приступить к созданию корпусных конструкций судна (рис. 5): основных отверстий в поверхностях, основных связей набора корпуса, основных конструктивных элементов (флоров, рамных шпангоутов, балок, стрингеров и т.д.).

Построение конструкций обычно выполняется с привязкой к шпангоутной сетке и сетке по оси Y. В случае последующей модификации шпаций это позволит быстро произвести рекалькуляцию модели.

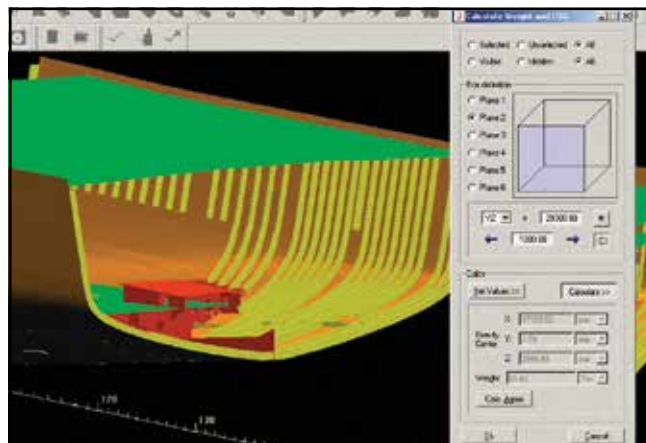


Рис. 5. Создание основных корпусных конструкций

На ранних стадиях проекта листы и профили создаются на уровне диапазонов толщин и типов сечений. Таким образом, габариты деталей не имеют ничего общего с габаритами деталей, которые впоследствии будут передаваться на производство. Эта информация будет уточняться на более поздних стадиях. Такие свойства, как непрерывность, водонепроницаемость поверхностей или деталей, могут быть доопределены в любое время.

Система FORAN предоставляет гибкую возможность для создания листовых и профильных деталей, которые могут создаваться в любое время. Однако конструкторы предпочитают придерживаться правил работы в 2D-среде, начиная с создания непрерывных элементов, что позволяет автоматически разрезать детали, которые будут создаваться позже.

Разбивка на узлы и секции на этом этапе возможна, но не обязательна. Уровень детализации 3D-модели зависит от требований, предъявляемых к классификационным чертежам, в зависимости от того, какие детали (кницы, пояски, заделки) и с какими характеристиками (обрезки концов профилей, шпигаты, вырезы) должны в них содержаться.

Важно отметить, что благодаря тому, что все элементы в Системе FORAN могут задаваться топологически, внесение любых изменений в проект на предыдущей стадии не потребует повторения уже сделанной работы: все элементы, расчеты, детали и т.д. будут автоматически обновлены в соответствии с внесенными изменениями, что позволяет значительно экономить как время, так и трудозатраты. Это также дает возможность конструкторам создавать и оптимизировать прототипы для новых судов.

## Создание обшивки и палуб

В этом режиме на основе 3D-поверхностей, заданных в файле обводов, создаются листовые, профильные детали и отверстия в них. Работа ведется в разных поверхностях и зонах, что позволяет организовать многопользовательскую работу с любой поверхностью. В общей зоне можно создавать объекты, которые являются общими для нескольких зон.

Можно создавать следующие типы профилей:

- ▶ продольные профили по обшивке и палубам;
- ▶ шпангоуты и палубные бимсы;
- ▶ обычные профили.

Профили обычно строятся с топологическими привязками к уже существующим корпусным конструкциям или объектам, используемым на ранних стадиях проектирования (шпангоутная сетка, сетка по оси Y, другие профили). Каждому профилю пользователь может присвоить такие атрибуты, как материал, размер сечения, ориентация полки и толщина стенки. К основным атрибутам можно добавить дополнительные атрибуты (параметрические обрезки концов стенки и полки и т.д.). Разбивку профилей на отдельные профильные детали можно произвести позже, на этапе перехода от технического проекта к рабочему. На профилях, пересекающих другие профили, можно автоматически создавать вырезы и шпигаты.

Все профили, включая плоские, гнутые и крученые, представляются в виде твердых тел. Стенка, полка, обрезки концов профилей отображаются с точностью, которая задается пользователем.

Благодаря интенсивному использованию топологии создание листов обшивки и палуб можно начинать на ранних этапах проектирования, имея лишь предварительные обводы и палубы судна. При этом подходе используются такие базовые понятия, как:

- ▶ **стыки** – линии, располагающиеся на поверхности, задающие границы листа со стороны носа и кормы. Стыки могут иметь любую форму и располагаться в поперечных плоскостях в любом месте;
- ▶ **пазы** – линии, располагающиеся на поверхности, задающие верхнюю и нижнюю границы листа. Пазы могут иметь любую форму и обычно задаются с помощью набора точек на поверхности;
- ▶ **листы** – зоны поверхности, заданные носовым или кормовым стыками, а также верхним или нижним пазом. Листы имеют такие обязательные атрибуты как марка материала, толщина и опциональные параметры: фаски, припуски, коэффициенты усадки. Листы также можно создавать дроблением больших листов на два.

Плоские и гнутые листы являются твердыми телами (с реальной толщиной), для которых можно автоматически сделать предварительную развертку для оценки необходимого количества материала.

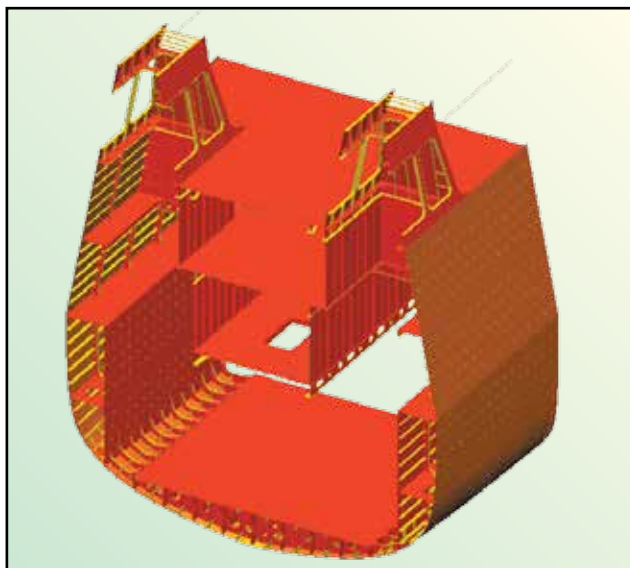


Рис. 6. 3D-модель корпуса патрульного судна

## Создание внутренних конструкций

Механизм создания внутренних конструкций основан на тех же принципах топологии и визуализации криволинейных поверхностей. Эта среда обладает рядом мощных инструментов для простого создания и редактирования листов (плоских, гофрированных, с фланцами), прямых и гнутых ребер жесткости, вырезов, поясков, стандартных листов, заделок, книц как в плоскости, так и вне ее и т.д. (рис. 6).

В память компьютера можно загружать несколько сечений для выполнения таких операций, как копирование и редактирование атрибутов нескольких деталей, находящихся в разных сечениях. Работа построена с применением сечений, конструктивных элементов и зон, что позволяет работать в многопользовательском режиме.

## Связь с МКЭ-инструментами

Одним из самых важных моментов на этапе технического проекта является возможность расчета прочности конструкции методом конечных элементов (МКЭ). На практике это представляет собой трудоемкий процесс, требующий подготовки специальной модели для расчета, создания сетки, приложения нагрузок и ограничений, обработки и анализа результатов.

Большинство программ расчетов МКЭ имеют возможность импорта 3D-моделей, но у них возникают проблемы при импорте судовых моделей по причине их высокой сложности. Трудоемкость задачи упрощения модели вручную настолько велика, что проще будет создать новую модель, предназначенную для использования в программах расчета прочности, что также требует много времени. Использование в программах МКЭ-анализа модели судна, созданной в 3D CAD-системе, значительно ускорит эффективность проектирования на ранних этапах.

Система FORAN имеет специальный интерфейс, который позволяет экспортировать упрощенную модель, максимально используя топологические свойства объектов. Функциональные алгоритмы FORAN позволяют создать интеллектуальную модель, упрощая, фильтруя и удаляя ненужные данные и гарантируя получение качественной модели.

Помимо остальных функций, пользователь Системы FORAN может принимать следующие решения:

- ▶ преобразование листов в поверхности по нейтральной оси или по теоретической линии;
- ▶ автоматическое присвоение цветов каждой толщине листов и профилей;
- ▶ преобразование профилей в поверхности или кривые;
- ▶ задание минимальной площади книц и отверстий, которые будут оставаться в модели.

## Проектирование систем и механизмов на стадии технического проекта

Имея информацию об обводах судна, палубах, переборках и помещениях, можно приступить к созданию 3D-модели в части трубопроводов и механизмов. Несмотря на то, что к началу работы в Механической Подсистеме Системы FORAN рекомендуется иметь

корпусные конструкции для корректной привязки оборудования, возможно начать работу и без спроектированного корпуса.

При работе с 3D-моделью можно производить проверку на пересечения в режиме online. Пользователь при совершении любых операций может быть уверен в том, что в результате его действий не произойдет пересечений с другими объектами, в том числе виртуальными, – Система гарантирует невозможность возникновения коллизий с самого начала проектирования.

## Размещение оборудования

Размещение оборудования является очень важным моментом при проектировании судна, и оно тесно связано с разбивкой на помещения, поскольку в помещениях должно быть достаточно места для обеспечения корректного размещения и функционирования оборудования. Чем раньше будет размещено оборудование, тем лучше.

Обычно на этой стадии проекта реальные модели оборудования неизвестны, поэтому начать можно с размещения моделей с грубым представлением и по мере получения информации дорабатывать их. При обновлении моделей в библиотеке обновление уже размещенного оборудования происходит автоматически. Модели оборудования хранятся в библиотеках, которые создаются в проекте или импортируются из других проектов или каталогов поставщиков. В отдельном слое модели может содержаться информация, относящаяся к необходимым зонам обслуживания, учитывающая особенности демонтажа, ремонта и т.п. Эта информация должна учитываться с самого начала процесса проектирования.

Размещение оборудования осуществляется с привязкой к существующим корпусным конструкциям (листам и профилям), но также привязываться можно к теоретическим линиям и поверхностям судна (обводам, палубам, переборкам и шпангоутам). Таким образом, начать размещение оборудования можно сразу после получения обводов судна. Любое обновление моделей оборудования автоматически отражается в уже размещенном оборудовании. Размещать оборудование также можно топологически, так, что любое изменение положения родительских объектов приведет к изменению положения привязанного к ним оборудования (рис. 7).

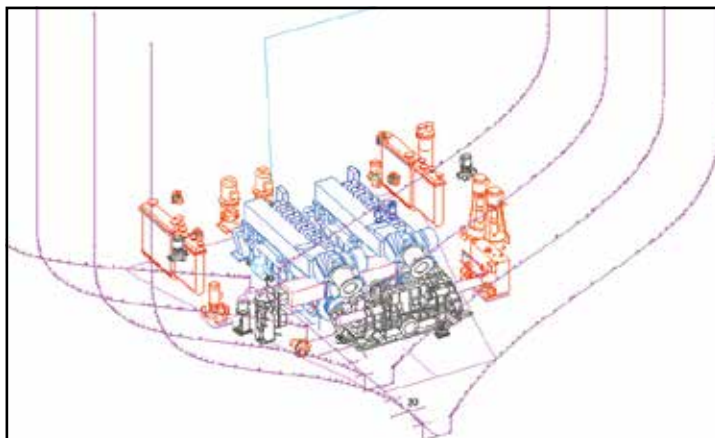


Рис. 7. Размещение оборудования с привязкой к теоретическим линиям

## Принципиальные схемы

На этом этапе создаются принципиальные схемы систем судна, включая логические соединения оборудования и фиттингов.

При создании схем на ранних этапах проекта имеется не очень много технологической информации. И чем раньше создаются схемы, тем меньше технологической информации доступно. Поэтому можно начинать создавать схемы, используя только графическую информацию, и по мере поступления информации добавлять ее в схемы.

Схемы могут быть как с географической привязкой, так и без нее, в зависимости от принятой практики для той или иной системы. В случае создания географических схем для привязки используются различные элементы судна, относящиеся к обводам, 3D-модели или любому чертежу, сгенерированному на их основе.

## Предварительная прокладка трубопроводов

Инструменты маршрутизации в FORAN позволяют размещать оборудование, прокладывать маршруты (трубопроводов, вентиляционных каналов и кабельных лотков), создавать вспомогательные конструкции (фундаменты, крышки люков, леера и т.д.), добавлять опоры и подвески (которые создаются как вспомогательные конструкции, но имеют связь с трубопроводами) и создавать сплулы труб и вентиляционных каналов. Также можно выполнять расчеты по вентиляции, используя данные о вентиляционных каналах, созданных в 3D-модели.

Данная информация из 3D-модели доступна для других модулей Системы FORAN и может использоваться для проверки на пересечения, генерации чертежей и создания отчетов в процессе работы над проектом (рис. 8).

Основные возможности, предоставляемые Системой для решения этой задачи:

- ▶ функции доступа к БД (доступ к полной 3D-модели судна);
- ▶ инструменты для проверки на пересечения (по требованию и в режиме online);
- ▶ возможность использования пользовательских макросов и параметрических моделей оборудования для добавления их в 3D-модель судна;
- ▶ всплывающие контекстные меню с командами, индивидуальными для разных типов объектов;

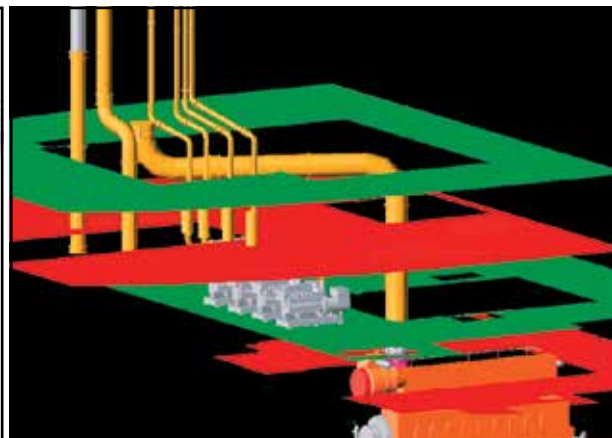


Рис. 8. Прокладка трубопроводов с привязкой к теоретическим поверхностям (палубам)

- ▶ команды отмены/повторения действий (undo/redo) для геометрических преобразований (перемещение, вращение, соединение);
- ▶ команды для поиска и выбора объектов в сцене с использованием фильтров и пользовательских атрибутов;
- ▶ запрос информации из модели;
- ▶ встроенное средство для просмотра, инспектирования модели.

## Переход к рабочему проекту

Важным требованием к любому программному обеспечению, обеспечивающему единое решение по проектированию и постройке судов, является обеспечение плавного перехода между этапами проекта, исключающего необходимость повторения работ и задержек. Таким образом, для логического продолжения технического проекта в части корпуса FORAN предоставляет инструменты для разбивки и соединения листов и профилей. Для этапа рабочего проекта используются инструменты для задания фасок, припусков, коэффициентов усадки и создания деталей, которые не были нужны на этапе технического проекта. В Механической Подсистеме можно добавлять технологические свойства, дорабатывать оборудование, разбивать трубы и каналы вентиляции, добавлять фитинги (рис. 9).

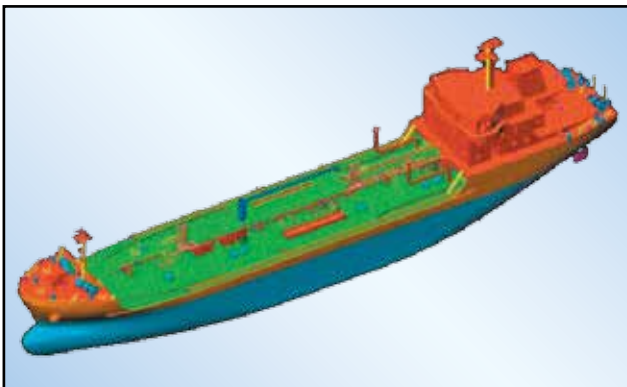


Рис. 9. 3D-модель танкера технического проекта, готовая к переходу к рабочему проекту

Путь от эскизного к техническому и рабочему проекту можно сравнить с путем от концепции и абстракции к реальности и производству. Большие концептуальные детали, удобные для анализа, например веса и функционального поведения, должны быть преобразованы в реальные детали, которые можно изготовить на производстве. При этом используется информация, заданная на ранних этапах.

## Преимущества

Кратко перечислим преимущества, предоставляемые интегральным подходом к проектированию судов на ранней стадии:

- ▶ возможность быстрой оценки различных альтернатив благодаря использованию высокоуровневой топологии, позволяющей производить автоматический пересчет модели в случае внесения изменений в проект на предыдущих стадиях;

- ▶ принятие решений на основе реальной информации, а не экспертных оценок;
- ▶ раннее и более точное представление о количестве и весе необходимых материалов, включая сварку и окраску;
- ▶ меньшая вероятность возникновения несоответствий. Система в фоновом режиме производит контроль за качеством модели, используя различные атрибуты (непрерывность, водонепроницаемость и т.д.) и предоставляя пользователю возможность принять решение в случае обнаружения несоответствий;
- ▶ возможность передачи модели в сторонние программы анализа и расчетов (например, программы для расчета прочности);
- ▶ быстрое размещение основного оборудования в наиболее важных помещениях, получение информации о весе и ЦТ;
- ▶ плавный и незаметный переход к следующим этапам проектирования, особенно к этапу рабочего проекта, основанный на повторном использовании уже введенных данных, что сокращает время и упрощает весь процесс проектирования;
- ▶ более точное проектирование благодаря использованию инструментов для создания 3D-модели судна;
- ▶ улучшение координации между различными специализациями, поскольку работа ведется с одной моделью, что исключает возможность возникновения ошибок с самого начала проектирования;
- ▶ возможность просмотра модели с помощью специальной программы виртуальной реальности, что полезно как с точки зрения производства, так и с точки зрения маркетинга.

## Заключение

Система FORAN улучшает качество проектирования, обеспечивая более высокую точность и уменьшая риск возникновения ошибок.

Быстрая оценка различных проектных решений, получение на ранних стадиях проекта информации о материалах, весе, сварке и окраске, передача модели в программы для расчета прочности являются дополнительными преимуществами Системы. Также есть возможность задания механики (общее размещение оборудования в критически важных помещениях) и улучшение координации между разными специализациями. И наконец, очень важный момент – это простой переход к рабочему проекту с повторным использованием информации.

Известно, что основная оценка затрат на создание судна происходит на ранних этапах проектирования. Предлагаемое концептуальное решение, реализованное в Системе FORAN, предоставляет реальные преимущества при проектировании судов, поскольку оптимизирует процесс, уменьшая время и затраты на проектирование, вместе с тем улучшая качество проектирования и, в конечном итоге, качество построенного судна.

**Rodrigo Pérez, Mirko Tomán, компания SENER,  
Александр Лакизо, ООО "СМАРТ МАРИН"**





Courtesy of Babcock International Group

# FORAN 70

The most suitable CAD/CAM for shipbuilding

[www.foran.es](http://www.foran.es)  
[www.sener.es](http://www.sener.es)