

# Применение САПР Unigraphics для анализа свойств ремонтпригодности корабельной техники

Современное развитие средств автоматизированного проектирования позволяет при строительстве кораблей использовать трехмерные модели не только как основу для выпуска рабочей конструкторской документации, но и прорабатывать различные технологические и эксплуатационные вопросы до физического воплощения корабля в железе. Одним из важных эксплуатационных вопросов является вопрос проектирования корабельной техники свойствами, обеспечивающими оперативное возвращение корабля в рабочее состояние в случае неисправности жизненно важного оборудования или систем. Такое свойство называют свойством ремонтпригодности. В настоящей статье рассмотрен один из возможных вариантов применения САПР для анализа свойств ремонтпригодности корабельной техники.

## Технология Виртуальной инженерии

Сегодня доступно множество инструментариев, которые позволяют моделировать деятельность человека и могут быть использованы в решении задач анализа свойств ремонтпригодности корабельной техники. Модели, описывающие человеческое тело, которые в дальнейшем будем называть манекенами, могут быть использованы на этапе проектирования корабельной техники для проработки вопросов размещения персонала в тесных помещениях, вопросов выполнения операций ремонта и технического обслуживания, требующих привлечения личного состава, и т.д. Вир-

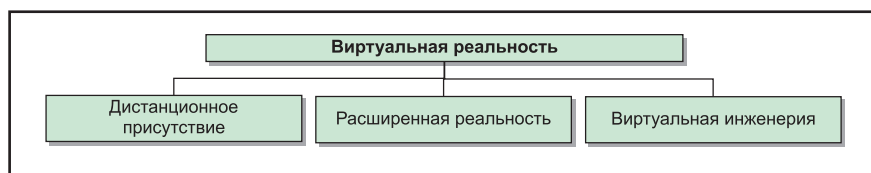


Рис. 1. Виды технологии Виртуальной реальности

туальное совмещение манекенов и 3D-моделей окружающей обстановки позволяет до физической реализации корабельной техники выявлять и разрешать множество проблем, с которыми может столкнуться экипаж и другой персонал.

Если на первых порах “манекены” позволяли моделировать только движения конечностей человеческого тела, для того чтобы проверить допуски при выполнении ручных операций, то сегодня они дают возможность моделировать различные положения всех частей тела человека.

Первые задачи с использованием манекенов были сфокусированы на физических или эргономических аспектах. Сегодня манекены применяются в тесной интеграции с визуальными и познавательными моделями. Это обеспечивает дополнительный реализм не только за счет точного воспроизведения антропометрических, биометрических и моторных параметров человека, но также благодаря имитации целенаправленного и логически обоснованного поведения манекенов в ответ на внешние стимулы и нагрузку. Реализует такие задачи технология Виртуальной реальности.

Технология Виртуальной реальности является новой технологией, под которой понимают полное погружение наблюдателя в трехмерную искусственную окружающую среду, с которой наблюдатель не-

посредственно взаимодействует. В широком смысле технология Виртуальной реальности применяется в следующих случаях:

- ▶ для анализа деятельности, которая является опасной для человека;
- ▶ для анализа взаимодействия человека со сложными технологическими объектами, такими как самолеты и корабли;
- ▶ для анализа деятельности человека в объектах, которых пока не существует;
- ▶ для анализа деятельности человека в объектах, которые удалены или недоступны.

Выделяют три различных типа технологии Виртуальной реальности. Хотя не все эти типы точно соответствуют определению виртуальной реальности, в действительности они представляют собой разновидности базовой технологии (рис. 1):

- 1) Дистанционное присутствие – технология, которая позволяет наблюдателю взаимодействовать с удаленной окружающей средой;
- 2) Расширенная реальность – технология, позволяющая дополнять реальную окружающую среду искусственными объектами;
- 3) Виртуальная инженерия – технология, предоставляющая наблюдателю полностью искусственную окружающую среду.

Технология Дистанционного присутствия применяется в тех случаях, ког-

да окружающая среда является опасной или недоступной для человека. В качестве примера можно привести операцию обезвреживания боеприпаса, которая сопряжена с угрозой для жизни и здоровья человека, даже если его одеть в шлем, броню и другие средства личной безопасности. В этом случае человеку лучше дистанционно взаимодействовать с объектом при помощи робота. Технология Дистанционного присутствия позволяет человеку, физически находящемуся на удалении от интересующего его объекта, визуально приблизиться к нему на необходимое расстояние.

Технология Расширенной реальности позволяет дополнить информацию об объекте отдельными реально несуществующими деталями, назначение которых акцентировать внимание человека на определенных аспектах изучаемого объекта.

В технологии Виртуальной инженерии ничего, кроме самого наблюдателя, не является реальным. Объекты и их физические параметры, окружающая среда, освещение и все остальное являются полностью сгенерированными на компьютере и визуально представленными наблюдателю. Виртуальная инженерия – это имитационный метод, помогающий конструкторам и инженерам в принятии решений по управлению объектами.

Возможны различные варианты практической реализации технологии Виртуальной инженерии, но наиболее распространенным является анализ деятельности человека путем интеграции манекена человека с 3D-моделями, созданными в системах САПР. Такой вариант позволяет конструктору в привычной ему среде проектирования выполнять анализ деятельности человека и предлагать наиболее рациональные варианты конструктивных решений.

До последнего времени человеческий фактор мало учитывался при проектировании кораблей. Однако массовое применение САПР в современном судостроении позволяет изменить ситуацию. Высокоуровневые САПР дают возможность:

- ▶ построить объемную 3D-модель рабочего места (обстановки);
- ▶ разместить манекен человека внутри рабочего места;

- ▶ провести анализ выполнимости операций по восстановлению работоспособного состояния корабельной техники. В случае выявления проблем провести допустимую корректировку конструкции изделий и их размещения;

- ▶ определить требования к персоналу, комплектации ЗИП, применяемой к контрольно-измерительной аппаратуре и составу технической документации;

- ▶ определить параметры времени и трудоемкости выполнения операций по восстановлению работоспособного состояния.

При проектировании обычно используют статический анализ антропометрических параметров рабочего места на основе диаграмм антропометрических данных. Но такой анализ позволяет получать лишь грубые, приблизительные оценки основных размеров конструкции. Одна из конкретных трудностей использования антропометрических данных связана с получением достоверных числовых оценок передвижений человеческого тела. Данная проблема стоит особенно остро, если статический анализ выполняется с использованием штифтовой модели человека (манекена), позволяющей оценить только граничные (наименьшие и наибольшие) процентильные значения размеров тела человека. Для того чтобы оперировать штифтовой моделью так же успешно, как и телом с гладкой поверхностью, манекен (каркасный или пластичный) обычно используют в двух вертикальных разрезах. Однако средние величины, получаемые в этом случае, дают неточные приближения реальных перемещений тела, и результаты в общем случае являются неудовлетворительными.

Удовлетворительный анализ бесконечного числа различий в строении человеческого тела и учет всех его возможных перемещений можно провести только при помощи динамического анализа антропометрических данных. Следует отметить, что динамический анализ

возможно выполнять лишь в высокоуровневых САПР, одной из которых является Unigraphics.

## Применение САПР Unigraphics для динамического анализа

Динамический анализ выполняется при помощи встроенных в Unigraphics средств симуляции и визуализации. При этом возможно применение модулей UG/Visualize, UG/Freeform Shape, UG/Analyze Shape, UG/Render, а также семейства модулей UG/Imageware: уникальные технологии, используемые в Imageware, предоставляют возможность проектирования изделий сложной формы, выполнения задач обратного инжиниринга, проведения измерений сложных деталей и их сравнения с моделью. Результаты анализа сохраняются в базе данных Unigraphics i-Man и могут быть в дальнейшем повторно использованы, в том числе и в качестве основы для новых исследований и разработок.

Рассмотрим несложный пример анализа с применением технологии Виртуальной реальности движения человека, совершаемых при выполнении им производственной деятельности.

Первое, что должно быть сделано для проведения такого анализа, – это создание 3D-моделей предметов, которые должны быть правильным образом размещены и позиционированы для представления окружающей обстановки (рис. 2).

Потом разрабатывается сценарий анализа: выделяется манекен (желтый контур) и объекты, с



Рис. 2. Моделирование окружающей обстановки



Рис. 3. Выделение объектов, участвующих в анализе

которыми он будет контактировать (в рассматриваемом случае это стеллаж, коробка на средней полке, стол, пульт контроля) (рис. 3).

Следующим шагом определяют объекты (стол и пульт контроля), которые являются препятствиями при движении манекена и для которых необходимо выполнить анализ на столкновения (рис. 4).



Рис. 4. Выделение объектов-препятствий

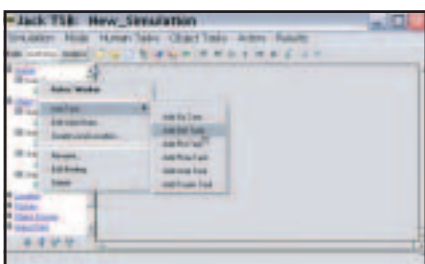


Рис. 5. Определение типа действия с объектом



Рис. 6. Определение последовательности действий

Если для анализа необходимо рассмотреть случаи соприкосновения манекена с объектами окружающей обстановки (например, в сценарии человек должен взять коробку с полки), то указываются точки, в которых необходимо зафиксировать соприкосновение с объектом, отдельно для левой и правой руки, и проводится позиционирование ладони.

Далее определяется действие, которое должен совершить манекен с объектом (например, взять коробку) (рис. 5), и последовательность действий (взять коробку со стеллажа, отнести коробку к столу, положить коробку на стол) (рис. 6).

По ходу выполнения анализа имеется возможность добавить в сценарий какие-либо действия (например, манекен должен подойти к пульту и нажать на кнопку) (рис. 7).

При этом можно включить необходимые условия выполнения этих действий (например, при нажатии кнопки на пульте указать, что данное действие должно быть выполнено без толчка – пересечения – пульта) (рис. 8).

Технология предусматривает также вариант анализа по условию “что если” и определение различных вариантов маршрутов движения манекена (рис. 9).

В сценарий анализа можно в качестве движущихся объектов, кроме манекена человека, добавлять различных роботов (рис. 10).

Использование технологий Виртуальной инженерии на базе САПР Unigraphics позволяет проводить анализ свойств ремонтпригодности корабельной техники путем задания последовательности задач, исполняемых манекеном при выполнении операций восстановления работоспособного состояния. Данные динамического антропометрического анализа позволяют на более высоком качественном уровне разрабатывать рабочие инструкции для экипажа корабля по действиям в нестандартных ситуациях, а также являются важным источником графической информации для насыщения Интер-

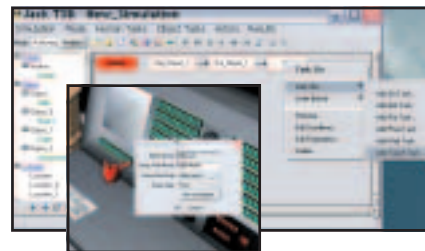


Рис. 7. Добавление в сценарий анализа действия по нажатию кнопки на пульте



Рис. 8. Позиционирование манекена перед пультом

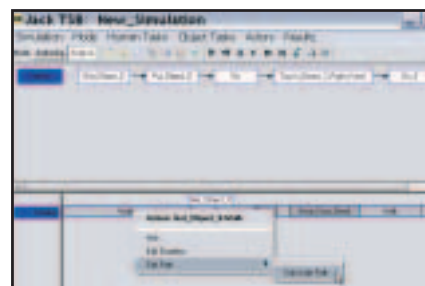


Рис. 9. Управление маршрутами движения манекена

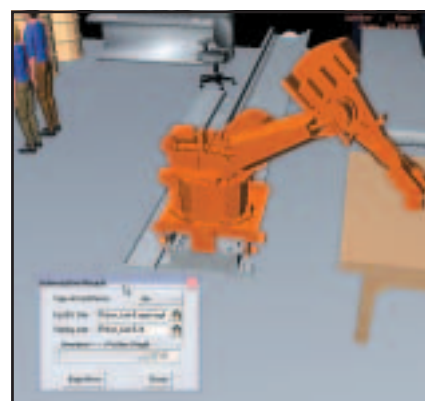


Рис. 10. Добавление в сценарий анализа робота

активных электронных технических руководств (ИЭТР). Таким образом, технология Виртуальной инженерии становится важным инструментом формирования и доработки цифровой модели корабля.

**Г. Н. Муру, главный инженер  
ГФУП 51 ЦКТИС МО РФ  
В. А. Стародубов, к.т.н.,  
ЗАО “НовИТ ПРО”**