

Перспективы применения технологий дополненной и смешанной реальности в судостроительной отрасли

Текущий уровень цифровизации производства современных верфей требует разработки и предоставления результатов проектно-конструкторских работ не только в виде электронных копий бумажных документов и соответствующих им транспортных массивов, но и в виде трехмерных моделей деталей, сборок и составных частей создаваемого объекта в целом. В свете этого многие КБ уже сейчас обеспечивают заводы-строители 3D-моделями для проведения конструкторско-технологической подготовки производства. При этом одной из основных задач при использовании технологии трехмерного моделирования является отработка взаимного расположения всех составных частей заказа по всем специализациям.

Традиционно заводу-строителю требуется:

- ▶ 3D-модели корпусных конструкций, деталей вварного насыщения и фундаментов;
- ▶ 3D-геометрия систем трубопроводов главной энергетической установки (ГЭУ) и общекорабельных систем (ОКС);
- ▶ 3D-модели изделий машиностроения.

Результаты трехмерного моделирования в части взаимного расположения составных частей заказа передаются на производство путем простановки в рабочей конструкторской документации (РКД) установочных размеров, получаемых из теоретической трехмерной модели для большинства металлоконструкций, сборочно-монтажных единиц (СМЕ), ветвей трубопроводов, кабельных трасс, деталей и т.д.

Некоторые заводы-строители используют переданные из теоретической трехмерной модели данные для автоматизации различных видов производств, однако многие ограничиваются использованием данных из теоретической 3D-модели только для автоматизации корпусообрабатывающего производства. В чем здесь дело? Корпусные конструкции корабля изготавливаются в первую очередь, в связи с чем они меньше остальных составных частей несут риск возникновения коллизий. Этим и обуславливается успех применения на производстве результатов трехмерного моделирования при изготовлении корпусных деталей и сборок. Применение на заказе РКД, содержащей установочные размеры из теоретической трехмерной модели, по другим специализациям может происходить только при повышении точности выполнения монтажных и сборочных работ. Если в процессе выполнения монтажных ра-

бот на заказе допускаются отступления от установочных размеров, приведенных в РКД, то на последующих этапах сборки составных частей заказа велика вероятность появления коллизий со смежными конструкциями. И даже в случае достижения соответствующей точности выполняемых работ заводом-строителем никто не может гарантировать отсутствие на заказе отклонений от теоретических размеров в РКД проектанта вследствие следующих факторов:

- ▶ накопления допусков при изготовлении корпусных конструкций;
- ▶ поставки на заказ оборудования, по габаритным размерам отличного от указанных в технической документации;
- ▶ непредусмотренных технологичных отклонений, возникающих на производстве.

Если не учитывать данные факторы и не контролировать подобные отклонения от РКД проектанта при выполнении работ на заказе, размерные цепочки, выстроенные в РКД по разным дисциплинам, становятся неактуальными, вследствие чего возникает множество коллизий на заказе, вплоть до возникновения эффекта “домино”. В этом случае дальнейшее выполнение составных частей корабля по данным теоретической 3D-модели невозможно, так как велика вероятность появления брака. Затраты по переделке забракованных изделий ложатся на плечи завода-строителя, который всячески пытается этого избежать, в том числе путем отказа от применения данных, выгруженных из теоретической 3D-модели заказа.

Таким образом, к участникам процесса строительства кораблей постепенно приходит понимание, что для изготовления по данным 3D-модели не только корпусных конструкций, но и трубопроводов на станках с ЧПУ, коробов систем вентиляции и кондиционирования воздуха (СВКВ) без выхода рабочего на заказ необходимо в процессе строительства заказа актуализировать теоретическую трехмерную модель корабля до фактического состояния объекта, применяя метод обратного инжиниринга. Для использования метода обратного инжиниринга требуется применение такого оборудования, как тахеометры, трехмерные сканеры, контактные измерительные машины и устройства, а также технологии фотографии, однако в крайне насыщенных помещениях заказа не всегда возможно добиться желаемого эффекта, а время, необходимое на проведение операций по измерению, сканированию и сравнению полученных ре-

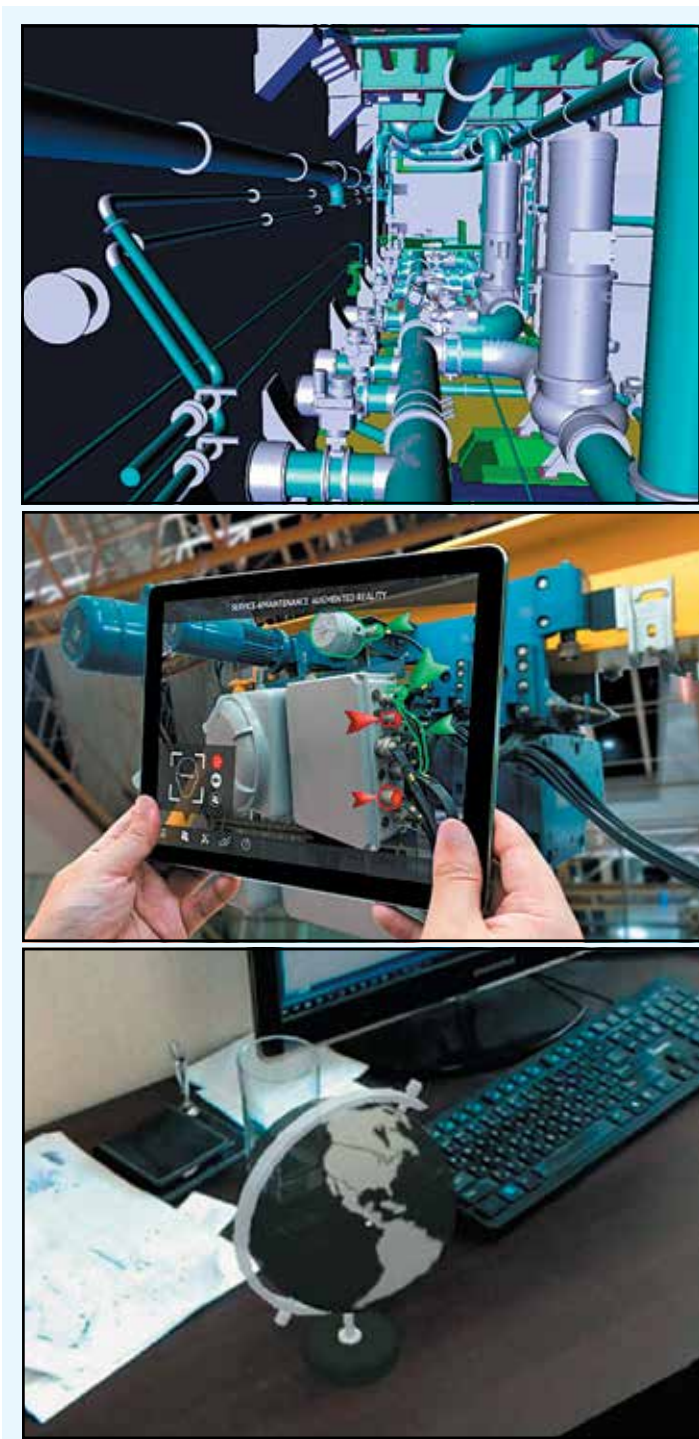


Рис. 1. VR/AR/MR

зультатов с теоретической трехмерной моделью, является неприемлемо долгим.

В поиске решения описанной проблемы АО «ЦКБ МТ «Рубин» и АО «ПО «Севмаш» приступили к реализации проекта по разработке многофункционального программно-аппаратного комплекса для технического сопровождения кораблей и судов с применением технологии дополненной и смешанной реальности (далее Комплекс). Комплекс представляет собой мобильный голографический компьютер и может быть выполнен в виде очков или обычного планшета.

Наложенная на реальный объект голограмма позволяет визуально выявлять наличие несоответствий в

Виртуальная реальность (VR)

Основной целью применения систем виртуальной реальности является создание цифрового мира, максимально похожего на реальный. Примером виртуальной реальности может служить трехмерная модель корабля, разрабатываемая с применением трехмерных САПР

Дополненная реальность (AR)

Виртуальная реальность «взаимодействует» лишь с человеком, а дополненная — еще и с внешним миром. Дополненная реальность накладывает элементы искусственных данных на физическое окружение. На рисунке видно, как некоторые элементы виртуальной модели замещают/дополняют существующие элементы из окружающей реальности

Смешанная реальность (MR)

Смешанная реальность встраивает виртуальные объекты в реальное окружение с помощью специальных устройств — очков виртуальной реальности. На рисунке показано, как в реальное помещение встроено виртуальное изделие.

Термин «смешанная реальность» используется только несколькими разработчиками голографических компьютеров (например, Microsoft HoloLens). Основная часть разработчиков подобных устройств использует понятие «дополненная реальность»

геометрии используемой голограммы и фактического объекта, а также визуализировать объекты, предусмотренные проектом, но еще не установленные на заказе. Именно это свойство технологии дополненной и смешанной реальности является основой множества функций разрабатываемого комплекса.

Современные технологии по управлению голограммами позволяют в режиме реального времени совмещать изображение окружающей реальности с виртуальной и тем самым получать эффект дополненной или смешанной реальности. В качестве примера смешанной реальности на рис. 1 показан виртуальный глобус, встроенный в реальное окружение помещения.

В процессе использования устройств дополненной и смешанной реальности первичное совмещение реального изображения с виртуальным может осуществляться с использованием маркерной либо безмаркерной технологий. Маркерная технология подразумевает применение контрастных маркеров, которые легко распознаются камерой и дают очень стабильную привязку виртуальной модели к месту. В качестве маркера может использоваться рисунок или стандартный QR-код. Безмаркерная технология работает по другим алгоритмам – на изображение с камеры накладывается “сетка”, на которой программные алгоритмы находят ряд опорных точек. Эти точки определяют место, где будет расположен виртуальный объект.

В существующих на сегодняшний день моделях очков дополненной и смешанной реальности встроены акселерометр, гироскоп и лазерные датчики. Дополнительный контроль движения производится с помощью беспроводных контроллеров. Данные технические средства позволяют отслеживать положение пользователя и создавать имитацию присутствия внутри виртуального пространства, совмещенного с окружающей реальностью. Следует отметить, что наличие выше описанных датчиков позволяет не держать маркер в поле видимости пользователя в постоянном режиме (в случае использования маркерной технологии).

Возможность визуального сравнения реальной компоновки помещения строящегося заказа с наложенной на него голограммой теоретической трехмерной модели (рис. 2) может быть востребована проектными организациями для таких задач, как:

- ▶ проведение макетировочных и трассировочных комиссий;
- ▶ техническое сопровождение строящихся заказов;
- ▶ в качестве эффективного инструмента управления процессом обратного инжиниринга при обеспечении соответствия трехмерной модели корабля фактическому состоянию объекта.

Разрабатываемый Комплекс может применяться конструкторскими службами в процессе технического сопровождения ремонтируемых заказов, не имеющих ранее разработанной трехмерной модели. Имея в мобильном устройстве Комплекса каталог виртуального

оборудования, конструктор, находясь в помещениях ремонтируемого заказа, сможет проводить размещение голограмм оборудования с учетом существующего фактического окружения.

Технология дополненной реальности также может использоваться при разработке нового поколения интерактивных электронных технических руководств. Члены экипажа в реальном времени смогут получать иллюстрированные команды, наложенные на реальное изображение, с указанием конкретных действий, а также просматривать информацию об оборудовании и системах.

Обучение членов экипажа может происходить в очках дополненной и смешанной реальности по специально разработанной программе. Данный подход позволит снизить стоимость разрабатываемых тренажеров, переведя некоторые аппаратные решения в программные. Например, с помощью очков дополненной реальности можно имитировать различные ситуации, выводя индикацию пультов управления в дополненную, а не в существующую реальность.

На заводах-строителях применение Комплекса открывает не менее значимые перспективы, к ним относятся:

- ▶ выполнение предварительного размещения на заказе СМЕ, конструкций и трубопроводных сборок в виде голограмм перед их изготовлением на станках с ЧПУ (рис. 3). Следствием данной операции является снижение случаев появления брака;
- ▶ организация “безбумажной” работы на заказе. Применение технологий дополненной и смешанной реальности высоко эффективно для сборки трубопроводных систем из уже готовых изделий – согнутых в цехе труб. С их помощью на строящемся заказе можно просматривать, как фактически нужно выстраивать/выставлять в помещениях корабля ветки трубопроводов из изготовленных по данным 3D-модели труб. 2D-чертежи, выпущенные проектантом, также можно просматривать на заказе с помощью Комплекса – в виде 2D-голограмм;
- ▶ совершенствование процесса приемки выполненных работ службой контроля качества продукции путем визуального сравнения изготовленных изделий с



Рис. 2. Примеры выявления коллизий и несоответствий при наложении виртуальных данных, выгруженных из теоретической трехмерной модели и наложенных на реальное окружение помещений

голограммой теоретической трехмерной модели методом непосредственного наложения (крайне актуально для трубопроводных сборок);

- ▶ определение мест прокладки электрических трасс и труб малого диаметра в реальных помещениях заказа по голограммам, наложенным на фактические корпусные конструкции.



Рис. 3. Пример предварительного размещения голограммы виртуальной трубопроводной сборки в реальном помещении перед изготовлением труб на станке с ЧПУ

Работы по созданию Комплекса включают в себя:

- ▶ разработку универсального конвертера моделей, загружаемых в мобильные устройства Комплекса. В качестве универсального экспортного формата выбран формат STEP, который позволяет использовать данные, сформированные в большинстве известных САПР – CATIA, FORAN, AVEVA и др.;
- ▶ разработку и реализацию в Комплексе мероприятий по защите информации;
- ▶ разработку функционала и пользовательского интерфейса, отвечающих потребностям пользователей при выполнении различных процессов.

Данный подход к разработке Комплекса обеспечивает возможность его использования на большинстве предприятий группы компаний ОСК.

Апробация опытных экземпляров планируется в условиях, максимально приближенных к реальным. По факту проведения опытной эксплуатации Комплекса специалистами АО «ЦКБ МТ «Рубин» и АО «ПО «Севмаш» будет подготовлено и опубликовано экспертное заключение с рекомендациями по применению технологии дополненной и смешанной реальности в судостроительной отрасли, а также определена необходимость разработки отечественной части Комплекса.

Резюмируя, отметим, что современный уровень развития технологий дополненной и смешанной реальности открывает в судостроительной отрасли большие перспективы. Участники жизненного цикла корабля получают в руки инновационный инструмент, позволяющий по-новому взглянуть и впоследствии оптимизировать многие существующие в судостроительной отрасли процессы.

К оптимизируемым процессам можно отнести:

- ▶ проведение макетировочных и трассировочных комиссий;
- ▶ техническое сопровождение строящихся заказов;
- ▶ авторский надзор;
- ▶ контроль хода строительства заказов;

- ▶ приемку выполненных работ службами контроля качества продукции и заказчиком.

Внедрение технологий дополненной и смешанной реальности в судостроительной отрасли может обеспечить повышение качества и снижение сроков строительства кораблей и судов в интересах ВМФ РФ.

**И. П. Серветник, главный конструктор –
руководитель ГК,
АО «ЦКБ МТ «Рубин»,**

**А. Ю. Спиридонов, начальник отдела,
ПКБ «Севмаш»,**

**В. С. Трубицын, ведущий инженер
высшей квалификации,
АО «ЦКБ МТ «Рубин»**

Литература

1. Будниченко М. А., Спиридонов А. Ю. Модернизация конструкторско-технологической подготовки производства и процессов строительства кораблей в ОАО «ПО «Севмаш» с использованием 3D-моделирования и реверс-инжиниринга // Труды Крыловского государственного научного центра. 2015. Вып. 374. С. 187-194.
2. Будниченко М. А., Спиридонов А. Ю. Реализация метода «точной геометрии» при строительстве атомных подводных лодок // Морской вестник. 2018. №2. С. 25-27.
3. Кузьмин Д. В., Спиридонов А. Ю. Математическое описание звеньев размерных цепей по корпусу судна векторно-матричным способом // Оборона России. 2018. №12. С. 46-49.
4. Серветник И. П., Трубицын В. С. Разработка в АО «ЦКБ МТ «Рубин» программно-аппаратного комплекса для технического сопровождения строительства кораблей и судов с применением технологии дополненной и смешанной реальности // Моринтех-практик. Информационные технологии в судостроении – 2019. С. 47-50.