

Создание сложных технических изделий с применением среды виртуальной реальности и пакетов анализа эргономики

В настоящее время в российской и мировой промышленности развиваются тенденции [1], которые ставят перед проектными организациями, занятыми созданием сложных технических изделий, требования по выполнению на самых ранних этапах проектирования их комплексной оценки с точки зрения анализа процессов эксплуатации, ремонта и обслуживания. Аналогичные тенденции имеются и в российской судостроительной отрасли. Еще до недавнего времени при эргономической оценке проектных и компоновочных решений традиционно применялись полномасштабные натурные макеты, воссоздающие рабочую среду в процессе производства, монтажа и эксплуатации изделий. Временные и финансовые затраты на создание и корректировку подобных макетов могут быть значительными и зависят от типа, сложности и насыщенности макетируемого изделия и помещения.

Одним из современных подходов, позволяющим решать задачи комплексной эргономической оценки продукции, является применение методов и программных средств электронного макетирования и электронного эргономического анализа. Этот подход позволяет обеспечить выполнение комплексного эргономического анализа продукции и процессов ее производства, монтажа и эксплуатации еще на этапе проектирования с учетом так называемого человеческого фактора. Подход базируется на применении средств трехмерного моделирования (систем типа CAD/PLM) в комплексе со специализированными пакетами инженерного (эргономического) анализа и аппаратно-программными комплексами, реализующими среду виртуальной реальности (VR). При этом аппаратно-программные комплексы VR позволяют не только создавать электронные макеты продукции на основе 3D-моделей, полученных из систем CAD/PLM, но и проводить на них эргономические исследования с использованием программного и специализированного аппаратного обеспечения.

АО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (АО «ЦТСС») – одна из первых организаций в судостроительной отрасли России, которая стала применять в практике своей работы электронный эрго-

номический анализ на базе антропометрически точных электронных манекенов персонала в комплексе с электронным макетированием в среде виртуальной реальности.

В качестве примеров успешного внедрения вышеуказанных подходов можно привести следующие работы, выполненные в рамках ОКР по ФЦП «Развитие гражданской и морской техники» с использованием возможностей программно-аппаратного комплекса Центра виртуальных исследований, созданного на базе АО «ЦТСС»:

- ▶ разработку электронного интерактивного макета для отработки технологических операций выкладки блоков биологической защиты вокруг энергетического оборудования гражданских судов;
- ▶ комплекс работ по проверке соответствия создаваемой корабельной арматуры общим эргономическим требованиям.

Отработка технологических операций

Процесс изготовления блоков биологической защиты, устанавливаемых вокруг крупного энергетического оборудования в судовых помещениях на судах типа ледокол, требует проверки и подтверждения возможности их установки и монтажа на заказе. Для этого применяется так называемый метод «выкладки», когда изготовленные блоки на специально-подготовленной производственной площадке устанавливаются на место, определенное им в общей сборке, в последовательности, определенной технологией. В процессе «выкладки» определяются значения отклонений формы (при их наличии), которые не позволяют произвести сборку блоков в единую конструкцию с обеспечением требуемых зазоров между ними, а также вырабатываются рекомендации для их доработки.

Процесс «выкладки» является достаточно трудоемким и длительным в связи со значительными массой и размерами отдельных блоков. Кроме того, выполнение «выкладки» в цехе не всегда позволяет учесть отклонения геометрии помещения, возникшие в процессе стро-

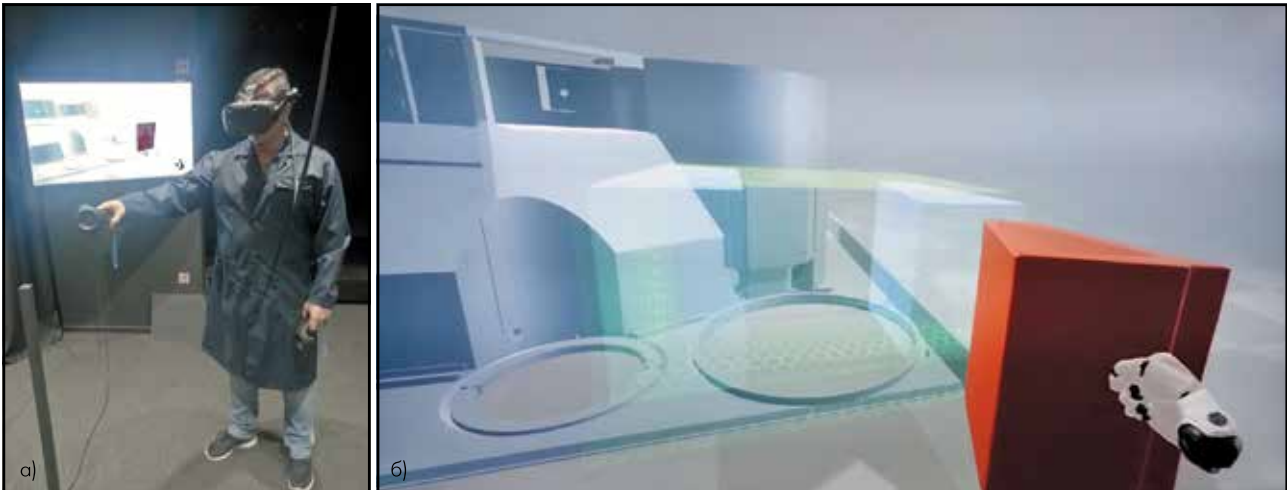


Рис. 1. Процесс работы с макетом: а) специалист в шлеме VR; б) перенос “захваченного” блока

ительства заказа, например, вследствие сварочных деформаций.

Разработка электронного интерактивного макета выполнялась с целью автоматизации и сокращения длительности работ по “выкладке” и последующей доработке блоков [2].

Электронный макет [3] создавался в среде Unreal Engine с использованием в комплексе со шлемом виртуальной реальности HTC Vive Pro. Процесс взаимодействия пользователя с макетом реализован посредством стандартных манипуляторов, входящих в комплект поставки шлема виртуальной реальности.

Входными данными для отработки операции “выкладки” являлись “теоретические” 3D-модели, полученные из CAD-системы Creo, а также “практические” 3D-модели, воссозданные на базе результатов натурального сканирования изготовленных блоков защиты и предполагаемого места установки, на основе которых формировалась виртуальная “выкладка”. Создание “практических” 3D-моделей выполнялось путем преобразования облаков точек в твердотельные модели и их пространственного позиционирования в специализированном ПО GEO Magic и SpatialAnalyzer (данные работы выполнялись специалистами Центра высокоточных измерений АО “ЦТСС”).

При отработке операций пользователь посредством манипулятора, интерфейсно связанного со шлемом виртуальной реальности, поочередно (в соответствии с технологией) выполняет “захват” виртуального блока и его размещение на предполагаемом месте установки (рис. 1). При этом место установки для удобства пользователя выделяется цветом (рис. 1б).

Устанавливаемый блок автоматически ориентируется в соответствии с координатами, полученными при обработке данных натурального сканирования. После установки блока пользователь может визуально оценить межблоковые зазоры и выполнить поиск зон пересечения блока с местом установки и соседними блоками. При обнаружении избыточных зазоров или пересечений блоков пользователь имеет возможность откорректировать первоначальное положение блока. Для корректировки пространственного положения блоков с целью минимизации зазоров и устранения пересечений был разработан специальный интерфейс, позволяющий выполнять линейное перемещение в заданном направлении с определенным шагом, а также вращение блока вокруг основных осей (рис. 2).

После корректировки положения блоков выполняется фиксация пространственного положения каж-

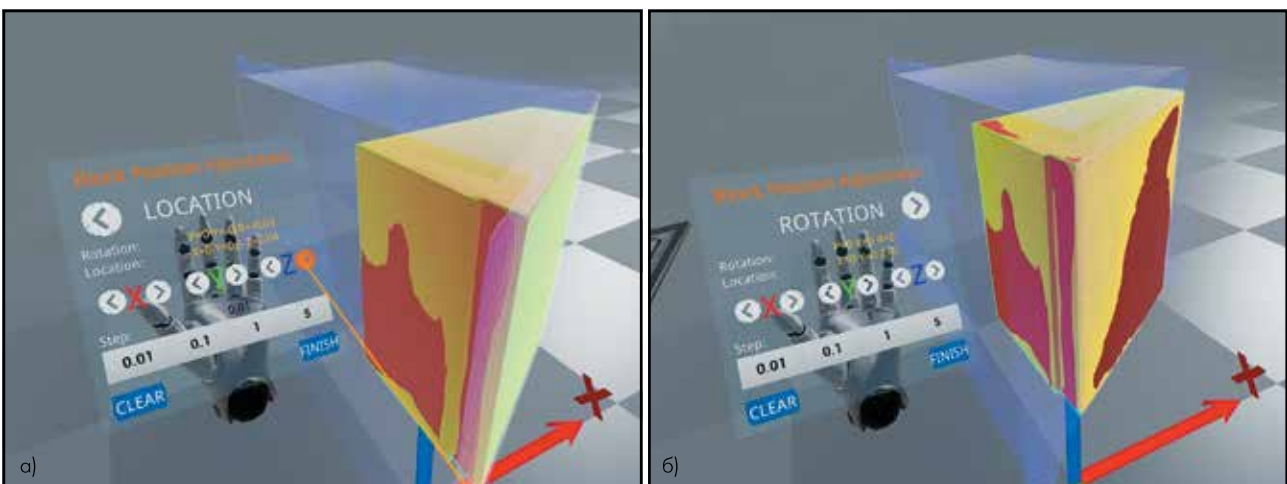


Рис. 2. Интерфейс для корректировки положения блока: а) линейное перемещение; б) вращение

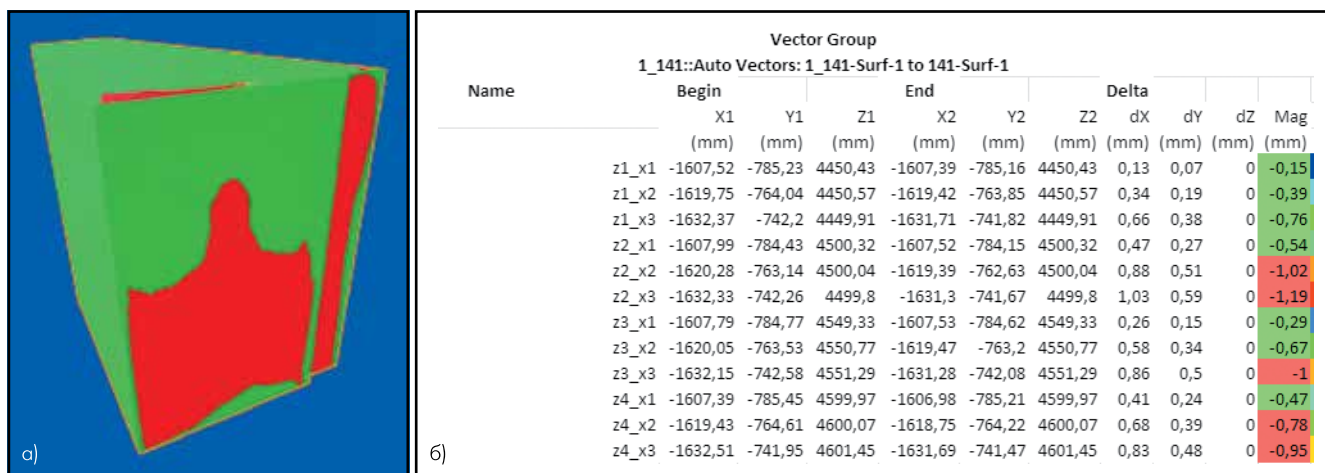


Рис. 3. Результат анализа пересечений: а) графический вид; б) табличный вид

дого блока и зон его пересечений с местом установки и соседними блоками (рис. 3а). При этом зоны пересечения представляются в виде красных “пятен” на зеленом фоне. Далее в среде пакета SpatialAnalyzer определяются значения пересечений (при наличии) и зазоры между блоками с последующим их экспортом в формат MS Excel, а также величина требуемой доработки формы блока в отдельных точках его поверхности для обеспечения необходимых минимальных зазоров между блоками (рис. 3б). При этом величины требуемой доработки блоков выделяются в таблице MS Excel различными цветами (зеленым – имеется зазор, меньше рекомендуемого; красным – обнаружено пересечение).

Полученные в результате такой виртуальной “выкладки” данные являются основой для принятия специалистами-технологами решения о необходимости доработки изготовленных блоков методом снятия избыточно-го металла или его наплавки.

Эргономическая оценка корабельной арматуры

При проверке корабельной арматуры в качестве объекта для проведения комплекса эргономических исследований был выбран клапан запорный проходной фланцевый с электроприводом и дублирующим ручным управлением DN50 [4].

Исходными данными является трехмерная модель клапана DN50 с приводом и монтажной рамой (рис. 4) (предоставлена КБ “Армас” АО “ЦТСС”), экспортированная из CAD-системы Creo, а также габаритные и монтажные чертежи данного оборудования.

На основе исходных данных были воссозданы 3D-модели основных элементов помещения, ограничивающих предполагаемое место установки клапана:

- ▶ корпусных конструкций;
- ▶ трубопроводов, проходящих через помещение;
- ▶ электрокабелей, проходящих через помещение;
- ▶ креплений электрокабелей;
- ▶ фундамента для крепления клапана с приводом;
- ▶ питающего трубопровода;
- ▶ отводящего трубопровода.

Разработка моделей элементов помещения выполнялась в среде специализированной CAD-системы трехмерного моделирования Rhinoceros с последующим экспортом через формат STEP в систему DELMIA.

В обеспечение проведения запланированного комплекса эргономических исследований были разработаны: ▶ электронные макеты для различных вариантов пространственного размещения клапана с приводом в корабельном помещении (в среде специализированного модуля Assembly PLM системы DELMIA);

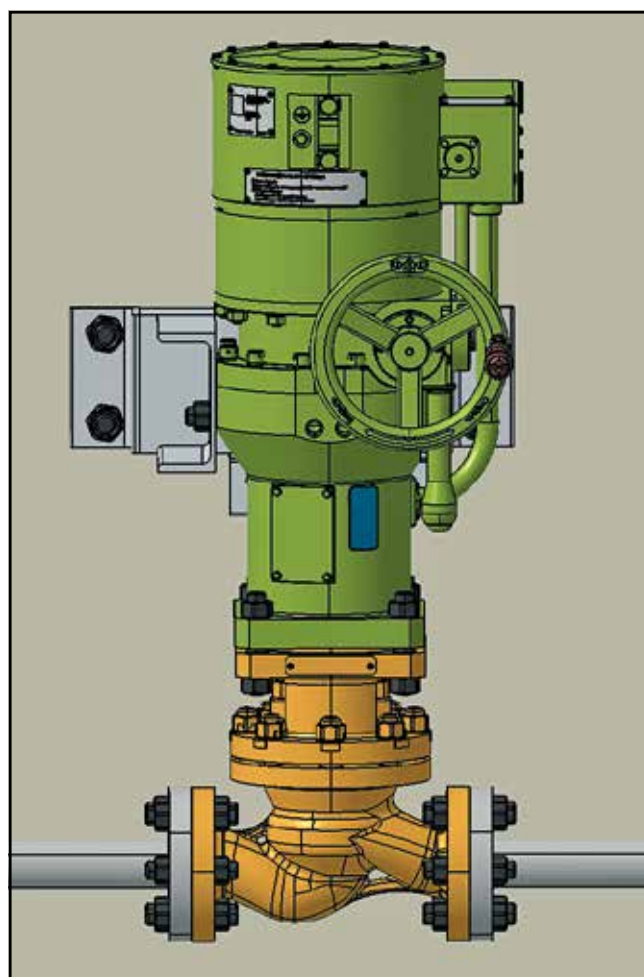


Рис. 4. Трехмерная модель клапана DN50

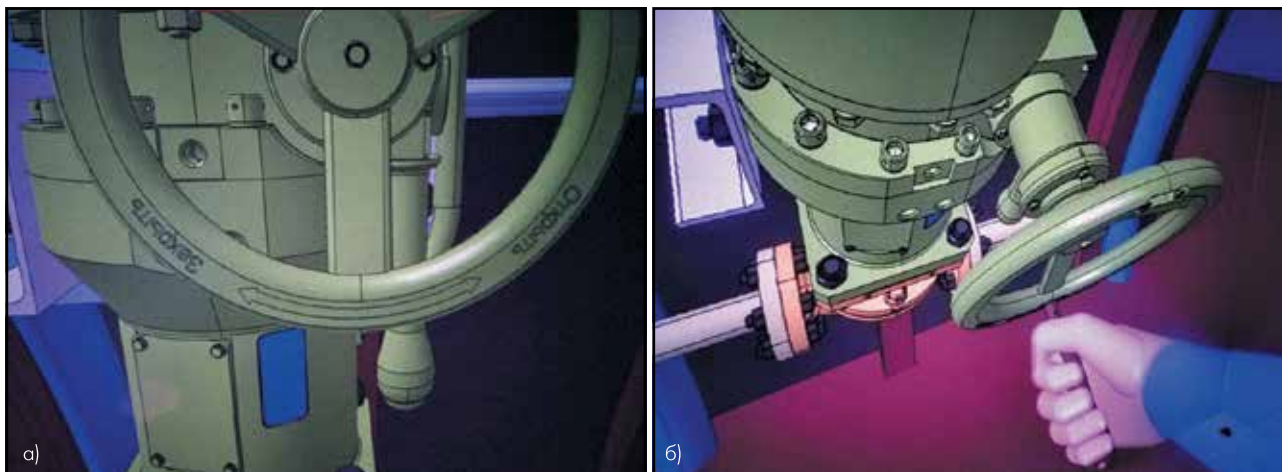


Рис. 5. Результаты эргономического исследования: а) анализ зон видимости; б) анализ зон досягаемости

библиотека электронных манекенов, включающая несколько ростовых групп, сформированных на основе статистических данных по антропометрическим параметрам членов экипажей судов (в среде специализированного модуля Human PLM-системы DELMIA).

Проверка клапана выполнялась на соответствие общим эргономическим требованиям ГОСТ 21752 [5] в следующем объеме:

- ▶ оценка удобства и доступности;
- ▶ оценка зон видимости (видимость для персонала поясняющих надписей и возможность визуального контроля индикатора положения запорного элемента клапана);
- ▶ оценка зоны досягаемости и минимально необходимой для выполнения работ рабочей зоны вокруг клапана.

Примеры полученных результатов исследования зон видимости и досягаемости представлены на рис. 5.

По результатам выполненной проверки было подтверждено соблюдение общих эргономических требований в отношении клапана DN50 и даны рекомендации по размерам рабочей зоны вокруг клапана, минимально необходимой для выполнения работ. В процессе работы была также подтверждена применимость полученных результатов эргономических исследований для клапанов большего диаметра – DN80 и DN100.

Описанный в статье комплексный подход подтвердил свою эффективность на практике и может быть рекомендован для широкого применения в судостроительной отрасли. Он позволяет выйти на качественно новый уровень проектирования изделий сложной морской техники и технологий изготовления, монтажа, обслуживания и ремонта продукции, а также обеспечивает снижение трудоемкости работ по изготовлению сложных сборок на производстве, монтажу, эксплуатации и обслуживанию оборудования на заказах.

При этом необходимо учитывать то, что фактором, ограничивающим использование данного подхода, является необходимость внедрения и освоения на предприятиях современных информационных технологий и аппаратно-программных средств, в том числе для

создания среды виртуальной реальности и реализации методов “обратного” инжиниринга, а также наличие соответствующего методического обеспечения.

Применение данного подхода предусматривает создание электронного Цифрового двойника продукции. При этом Цифровой двойник формируется с использованием проектных данных и данных натурного сканирования (Больших данных) и охватывает различные этапы жизненного цикла продукции, включая ее производство и последующее обслуживание.

**М. А. Долматов, главный специалист,
В. А. Харитонов, инженер-программист,
М. В. Кузнецов, инженер-программист,
АО “Центр технологии судостроения и судоремонта”**

Литература

1. Круглый стол: “Компоненты Индустрии 4.0: AR/VR-технологии” // Журнал “Rational Enterprise Management” (Рациональное управление предприятием), #1, 2018. С. 40-61.
2. Долматов М.А., Галанин Ю.А., Кузнецов М.В. Отработка процессов формирования сложных сборок в среде виртуальной реальности на основе данных трехмерного моделирования и натурного сканирования // Пятая международная научно-практическая конференция. “Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем” (ИКМ МТМТС-2019). Труды конференции. (ISBN 978-5-00150-311-8) – М. Издательство Перо, 2019. С.53-56.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018662211 от 01.10.2018 г.
4. Долматов М.А., Галанин Ю.А., Козлов В.А., Тюменцев Г.А. Комплексный подход к анализу проектов корабельной арматуры на основе электронного эргономического анализа в среде виртуальной реальности // Труды четвертой Международной научно-практической конференции “Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем” (ИКМ МТМТС-2017). ISBN 978-5-902241-40-9. АО “Центр технологии судостроения и судоремонта”. Санкт-Петербург. 2017. С. 39-42.
5. ГОСТ 21752-76 Система “Человек-машина”. Маховики управления и штурвалы. Общие эргономические требования.