

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ПРОЕКТОВ КОРАБЕЛЬНОЙ АРМАТУРЫ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОННОГО ЭРГОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В СРЕДЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

**М. А. Долматов, Ю. А. Галанин, В. А. Козлов, Г. А. Тюменцев (Санкт-Петербург)**

Одной из основных задач, решаемых при создании продукции для судостроительной отрасли, является обеспечение на самых ранних стадиях проектирования ее комплексного анализа с точки зрения обеспечения процессов изготовления, эксплуатации, ремонта и обслуживания. При традиционном подходе проектными организациями для решения этой задачи применяются полномасштабные натурные макеты, воссоздающие размещение продукции в месте ее предполагаемой установки на заказах – судовых и корабельных помещениях. Временные и финансовые затраты на создание и корректировку подобных макетов могут быть значительными и зависят от типа, сложности и насыщенности макетируемого изделия и помещения.

АО «ЦТСС» первая организация судостроительной отрасли России, которая начала применять в практике своей деятельности методы электронного макетирования и электронного эргономического анализа. Применение этих методов позволяет отказаться от натурального макетирования и выполнять комплексную эргономическую оценку продукции на этапе проектирования с учетом так называемого «человеческого» фактора.

Данные методы базируются на применении средств трехмерного моделирования (систем типа CAD/CAM/PLM) в комплексе со специализированными пакетами инженерного (эргономического) анализа, позволяющие создавать электронные макеты на основе 3D моделей, полученных из систем CAD/CAM/PLM, и выполнять эргономические исследования на антропометрически точных электронных манекенах персонала.

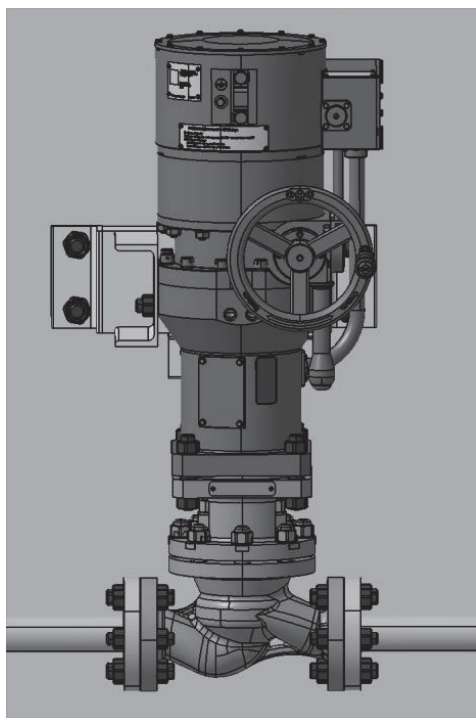
За период с 2005 года АО «ЦТСС» накоплен значительным опыт применения специализированных пакетов эргономического анализа DELMIA (модуль Human) и Unigraphics Jack при анализе компоновочных решений по проектируемым изделиям (глубоководный аппарат «БЕСТЕР-1» и др.), а также при разработке технологий монтажа/демонтажа сложного оборудования в насыщенных корабельных помещениях в рамках договоров с предприятиями отрасли [1].

Опыт выполненных работ показал, что использование пакетов эргономического анализа сопряжено со значительными трудозатратами на трассировку действий электронных манекенов, производимых в «ручном» режиме при проведении исследования.

В 2014 году на базе АО «ЦТСС» был введен в эксплуатацию Центр виртуальных исследований (ЦВИ) [1], позволяющий значительно расширить возможности при выполнении исследований разрабатываемой продукции.

Наличие в составе программно-аппаратного комплекса ЦВИ таких современных средств интерактивного взаимодействия с CAD/CAM/PLM, в т.ч. пакетами электронного эргономического анализа, как «костюм» виртуальной реальности, позволяет значительно сократить длительность работ по оценке разрабатываемых проектных решений за счет автоматизации трассировки действий персонала, обрабатываемых с использованием электронных манекенов в среде виртуальной реальности.

В 2017 году в рамках СЧ ОКР «Крумкол» на базе ЦВИ АО «ЦТСС» выполнен комплекс работ по проверке соответствия корабельной арматуры, разработанной КБ «Армас», общим эргономическим требованиям. В качестве исследуемого объекта был выбран клапан DN50. В качестве исходных данных использовались 3D модели клапана DN50 с приводом (рисунок 1) и монтажной рамы, экспортированные из исходной среды разработки Сгео, габаритные и монтажные чертежи.



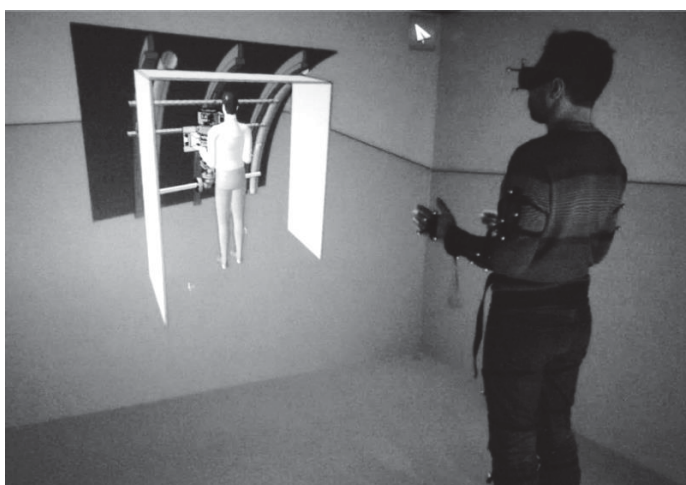
**Рис. 1 . 3D модель клапана DN50 с приводом**

На основе исходных данных были воссозданы 3D модели основных элементов затеснения, ограничивающих предполагаемое место установки клапана в помещении:

- основные корпусные конструкции;
- фрагмент трубопроводов, проходящих через помещение;
- фрагмент электрокабелей, проходящих через помещение;
- подвесы для электрокабелей;
- фундамент для крепления клапана с приводом;
- питающий и отводящий трубопроводы.

Разработка моделей выполнялась в среде специализированного CAD пакета Rhinoceros с последующим экспортом в универсальный формат передачи STEP.

В обеспечение проведения запланированного комплекса эргономических исследований в среде пакета DELMIA (модуль Assembly) выполнено создание электронных макетов для трех вариантов пространственного размещения клапаном с приводом.



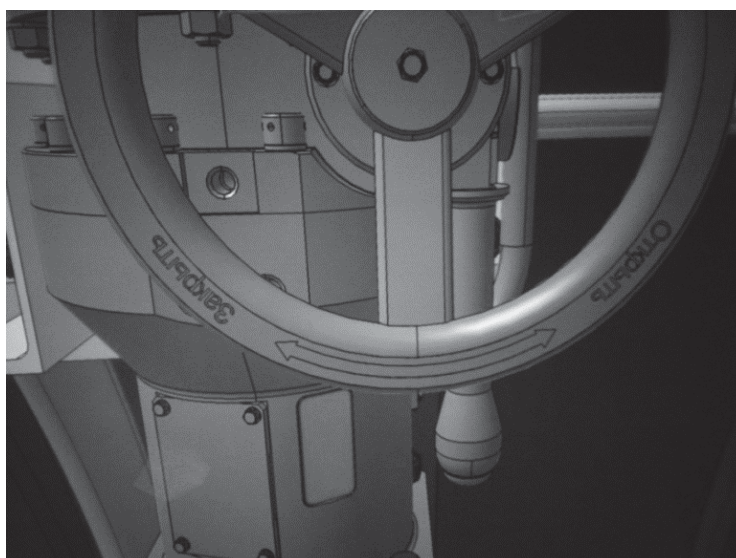
**Рис. 2. Проведение исследования в ЦВИ АО «ЦТСС»  
(в режиме синхронизации с «костюмом» виртуальной реальности)**

В среде пакета DELMIA (модуль Human) была подготовлена библиотека электронных манекенов, охватывающих шесть ростовых групп персонала, сформированных на основе имеющихся статистических данных по антропометрическим параметрам экипажей кораблей.

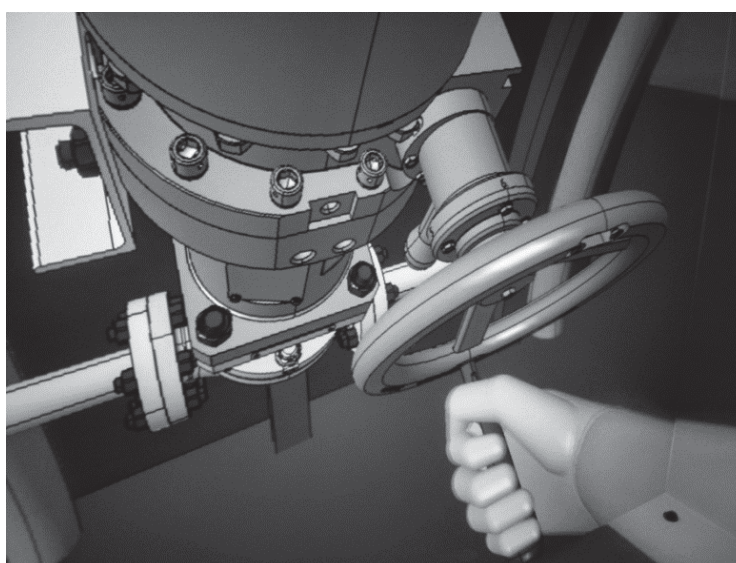
Комплекс эргономических исследований выполнялся с использованием инструментальных возможностей пакета DELMIA (модуль Human) и программно-аппаратного комплекса ЦВИ АО «ЦТСС».

Проверка клапанов на соответствие общим эргономическим требованиям ГОСТ 21752 [2] выполнялась в следующем объеме:

- оценка удобства и доступности;
- оценка зоны видимости персонала – видимость поясняющих надписей и визуальный контроль индикатора положения запорного элемента клапана (рисунок 3);
- оценка зоны досягаемости (рисунок 4) и минимально необходимой для выполнения работ рабочей зоне вокруг клапана.



**Рис. 3. Анализ зоны видимости (в среде виртуальной реальности)**



**Рис. 4. Анализ зон досягаемости (в среде виртуальной реальности)**

По результатам выполненного исследования:

– подтверждено соблюдение общих эргономических требований в отношении клапана DN50;

– даны рекомендации по размерам рабочей зоны вокруг клапана, минимально необходимой для выполнения работ.

Кроме того, результаты выполненных эргономических исследований могут быть применены для клапанов DN80 и DN100, разрабатываемых в рамках СЧ ОКР «Крумкол».

Использованный в рамках выполненной работы комплексный подход подтвердил свою эффективность и может быть рекомендован для применения в КБ, так как позволяет выйти на качественно новый уровень проектирования изделий сложной морской техники и технологий изготовления, монтажа, обслуживания и ремонта продукции в т.ч. за счет задания рабочих зон с учетом антропометрических особенностей экипажей судов и кораблей.

В перспективе в обеспечение нужд предприятий и организаций российской судостроительной отрасли на базе ЦВИ АО «ЦТСС» может быть создан отраслевой центр для экспертизы (приемки) проектных решений.

### **Литература**

1. Долматов М. А., Плотников А. М., Рыбальченко Ю. Б. Применение технологий виртуального прототипирования в российском судостроении. – Материалы Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудования и материалы – 2014» (МНТК «ИТОМ-2014»), Часть 2, Казань, 2014, с.93–97.
2. ГОСТ 21752-76 Система «Человек-машина». Маховики управления и штурвалы. Общие эргономические требования.