

## **ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**М.А. Долматов (Санкт-Петербург), Т.В. Девятков (Казань)**

В настоящее время в различных отраслях промышленности широкое распространение получили методы и программные средства имитационного моделирования. Эти решения применяются в основном для оценки проектных решений при планировании модернизации производственных мощностей и повышения эффективности производственных процессов.

На российском рынке широко представлены зарубежные программные пакеты для имитационного моделирования, позволяющие при создании моделей применять различные методы имитационного моделирования, в т.ч. их комбинирование.

В качестве альтернативы зарубежным решениям в России стали создаваться отечественные отраслевые решения, к числу которых можно отнести специализированное приложение АС «Сириус» 2.0 (правообладатель АО «Центр технологии судостроения и судоремонта» – АО «ЦТСС», Санкт-Петербург) [1], созданное в 2016 году для автоматизации процесса создания и проведения экспериментов с имитационными моделями судостроительных производств. Приложение базируется на отечественном ядре GPSS STUDIO (разработчик и правообладатель – компания ООО «Элина-Компьютер», Казань) [2].

Данное программное решение уже доказало свою эффективность при создании различных имитационной моделей в рамках выполнения хозяйственных работ, в т.ч. для подтверждения проектных и технологических решений при разработке проектов модернизации судостроительных предприятий. Программное решение внедрено на одном из российских судостроительных предприятий.

Опыт применения и внедрения созданного решения показал, что представление результатов выполненных экспериментов с использованием средств 2D анимации не всегда удовлетворяет Заказчика.

Аналогичная тенденция в западной практике при применении методов имитационного моделирования для анализа сложных производственных систем привела к тому, что в состав пакетов имитационного моделирования разработчиками стали включаться специализированные программные модули расширения для визуализации результатов моделирования как в 2D, так и в 3D формате [3], которые предоставляются пользователям по отдельным лицензиям.

С момента создания в 2016 году и по настоящее время АО «Центр технологии судостроения и судоремонта» совместно с ООО «Элина-Компьютер» постоянно расширяет функционал приложения АС «Сириус» 2.0 [3].

С 2019 года в качестве основного направления развития АС была выбрана реализация возможности автоматического формирования и представления пользователю результатов моделирования в виде упрощенной трехмерной визуализации (рис.1).

Возможность формирования упрощенной трехмерной визуализации и была реализована в виде отдельного программного модуля расширения, основанного на платформе UNITY, и устанавливаемого в дополнение к основному приложению АС «Сириус» 2.0, права на который закреплены за АО «Центр технологии судостроения и судоремонта».

Взаимодействие пользователя с трехмерной визуализации реализовано:

- при работе с монитором – посредством стандартных средств управления ПК (клавиатуры и «мыши», манипуляторов);
- при работе со шлемом виртуальной реальности (VR) – посредством манипуляторов, входящих в комплект шлема и подключенных к нему.

Для автоматизированного формирования упрощенной трехмерной визуализации приложение использует:

- в качестве основы для визуализации перемещений – журнал, формируемый АС по результатам выполненного моделирования;
- в качестве основы для объемной визуализации планировок – 2D планировку, задаваемую разработчиком имитационной модели на этапе ввода исходной информации.

При этом, формирование визуальной сцены трехмерной визуализации выполняется из геометрических примитивов на основе сформированного описания объектов из базы исходных данных имитационной модели [5] с возможностью добавления в сцену как статических объектов (здания, сооружения и т.п.), так и подвижных объектов (станки, механизмы, аппараты, рабочие и т.п.) [6].

Для создания визуализации презентационного качества модуль может также выполнять загрузку трехмерных моделей объектов, с требуемой степенью детализации, предварительно разработанных в сторонних пакетах трехмерного моделирования. В число поддерживаемых форматов входят FBX, OBJ, GLTF2, STL, PLY и 3MF.

В приложении реализованы возможности:

- свободного полета пользователя в виртуальном пространстве по территории моделируемого производства;
- перемещение по территории методом «телепорта»;
- задание степени прозрачности отдельных элементов;
- изменения цвета отдельных элементов;
- скрытия отдельных элементов;
- контроль за таймлайном – запуск и остановка анимации, перемотка текущего времени в анимации на интересующий пользователя момент времени, панели управления запуском, остановкой анимации.

Дополнительно для каждой сборочной и сборочно-монтажных единицы, а также строящихся заказов, включенных в состав трехмерной визуализации, реализована возможность демонстрации пользователю дополнительной справочной информации – степени готовности, операция, выполняемая над объектом в настоящий момент времени, производственный участок на котором она выполняется.

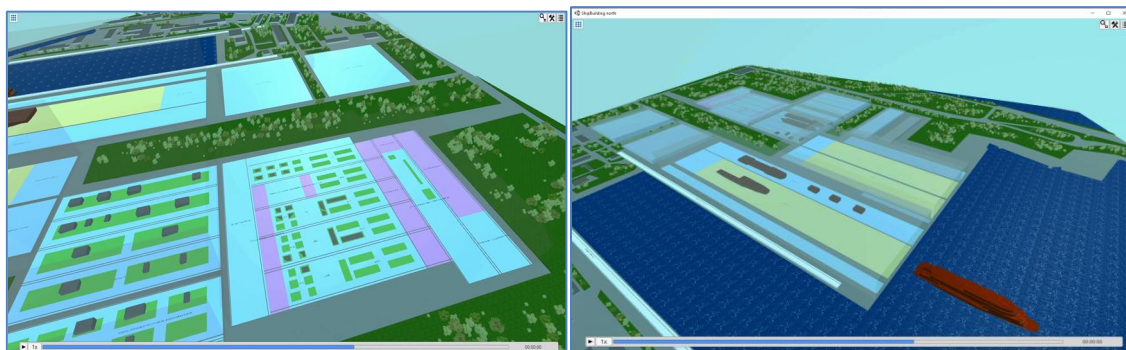


Рис. 1. Пример трехмерной визуализации (рабочее окно программы)

Разработанный программный модуль был продемонстрирован специалистам проектно-технологических подразделений АО «ЦТСС» и получил положительную оценку в части возможности его применения при верификации и представлении

проектных и технологических решений Заказчикам для повышения их доверия к полученным результатам.

Функционал нового программного модуля также был апробирован в 2021 году при решении задачи визуализации результатов моделирования процессов функционирования производства предприятия АО «СЗ «Северная верфь» (Санкт-Петербург), ранее созданной специалистами АО «ЦТСС».

Апробация включала не только проверку возможности представления результатов выполненного моделирования в виде трехмерной визуализации как на экране монитора (рис. 1), так и с применением специализированного аппаратного оснащения средств – шлемов виртуальной реальности HTC Vive Pro и Oculus Rift (рис. 2). Работа со шлемами позволяет обеспечить полное «погружение» пользователя в виртуальное пространство и эффект «присутствия» как на реальном производстве.



Рис. 3. Работа пользователя с 3D визуализацией (шлем VR Oculus Rift).

Созданное программное решение позволяет вывести на качественно новый уровень представление для пользователей результатов имитационного моделирования. Значительно эффективнее и проще выполнять задачи оперативного и долгосрочного планирования, выявлять «узкие» места в производственной системе не на основе результатов моделирования в табличном виде или в виде графиков, а наблюдая за происходящими процессами на трехмерном аналоге (цифровом двойнике) реально действующего производства.

### Литература

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018614213 от 03.04.2018 г.
2. **М.В. Федотов, Т.В. Девятков, А.М. Плотников, М.А. Долматов.** Опыт создания и перспективы развития российского специализированного программного обеспечения для автоматизации моделирования процессов функционирования судостроительных производств и оценки технологической готовности предприятий

- к реализации перспективных производственных программ. Пятая международная научно-практическая конференция. «Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем» (ИКМ МТМТС-2019). Труды конференции. — М. Издательство Перо, 2019. С.187-190.
3. **М.А. Abidi, В. Lyonnet, Р. Chevaillier, R. Toscano, P. Baert.** Simulation of Manufacturing Processes via Virtual Reality. Chapter March 2018 DOI: 10.4018/978-1-5225-5469-1.ch044. Интернет-ресурс: <https://www.researchgate.net/publication/325248219> (дата обращения 04.10.2021).
  4. **С.А. Коршунов, А.И. Павлов, О.А. Николайчук.** Концепция программного средства визуализации результатов имитационного моделирования на основе онтологического подхода. 2016. Интернет-ресурс: <http://sv-journal.org/2016-2/10/> (дата обращения 04.10.2021).
  5. **Н.И. Витиска, Н.А. Гуляев.** Метод визуализации трёхмерных сцен и объектов воксельной графики для систем имитационного моделирования. 2015. Интернет-ресурс «КиберЛенинка»: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-vizualizatsii-tryohmernyh-stsen-i-obektov-vokselnoy-grafiki-dlya-sistem-imitatsionnogo-modelirovaniya> (дата обращения 06.06.2021).
  6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021665608 от 30.09.2021 г.