

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

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

В настоящее время в различных отраслях промышленности в т.ч. судостроении значительно возрос спрос к применению методов имитационного моделирования для оценки принимаемых решений и повышения эффективности производственных процессов, а также к созданию специализированных инструментов, построенных под конкретную предметную область и адаптированных под конечного пользователя.

Однако, применение в отрасли специализированных пакетов и промышленных симуляторов является затруднительным, т.к. требует наличия в штате организации специалистов, владеющих методами имитационного моделирования и специализированными языками программирования.

Оптимальным решением этой проблемы является применение специализированных программных решений, изначально ориентированных на специалистов предметной области.

В 2016 году специалистами АО «ЦТСС» (Санкт-Петербург) и ООО «Элина-Компьютер» (Казань) было завершено создание первого в России специализированного приложения для имитационного моделирования судостроительных производств – Автоматизированная система «Сириус» (АС «Сириус») [1].

АС «Сириус» является специализированным и ориентированным на применение специалистами судостроительной отрасли программным инструментом для проведения имитационных исследований процессов функционирования производственных комплексов судостроительных предприятий. Результатом работы приложения являются количественные показатели (такие как, верифицированные длительности выполнения производственной программы, коэффициенты использования ресурсов предприятия, и т.д.), которые технолог или проектант может использовать для оценки принимаемых проектных, планировочных и технологических решений при проверке возможности выполнения производственной программы, загрузки кранового, транспортного и технологического оборудования и производственных площадей, а также для определения других «узких мест» производственной системы.

АС «Сириус» является развитием совместных исследований и базируется на программных разработках АО «ЦТСС» и ООО «Элина-Компьютер», полученных в рамках выполнения ряда НИОКР, результаты которых представлялись на конференциях ИММОД и ИКМ МТМТС.

АС «Сириус» может функционировать как самостоятельное программное решение, а также в комплексе с внешними программными системами, взаимодействие с которыми осуществляется посредством встроенного в приложение SOAP сервиса.

Моделирующим ядром АС «Сириус» является коммерческий симулятор GPSS World.

Процесс создания имитационных моделей автоматизирован – введенные пользователем исходные данные преобразуются специальными алгоритмами в код на языке GPSS World, который исполняется моделирующим ядром.

При разработке приложения учитывался тот факт, что системой будут

пользоваться специалисты судостроительной отрасли (технологи и проектанты), не знакомые с технологиями и специализированными языками имитационного моделирования и программирования. Поэтому при вводе исходных данных в пользовательском интерфейсе используется применяемая в отрасли специальная терминология, а результаты моделирования представляются в понятной для восприятия специалистами графической и табличной формах.

АС «Сириус» позволяет выполнять параллельную разработку нескольких имитационных моделей судостроительных предприятий, формировать и использовать при разработке единую библиотеку оборудования.

В перечень исходных данных имитационной модели входят: параметры заказов; разбивка заказов на сборочные единицы (СЕ) и сборочно-монтажные единицы (СМЕ), их характеристики; дерево формирования корпуса заказа на построечном месте; генплан предприятия и планировки отдельных производств, цехов и участков; перечень и характеристики технологического, кранового и транспортного оборудования; технология строительства; статистические данные и т.д. Для удобства пользователя все данные разделены на группы, взаимосвязанные между собой и вводимые последовательно. Таким образом, формируется четкая непротиворечивая структура исходных данных. Например, характеристики заказов и разбивка их корпусов на СЕ/СМЕ являются справочными данными и используются при формировании производственных программ. Для ввода исходных данных разработаны специализированные элементы пользовательского интерфейса.

По окончании ввода данных пользователь может запустить моделирование технологических процессов судостроительного предприятия с заданными исходными данными (одиночный эксперимент) или серию экспериментов, состоящую из набора одиночных экспериментов с различными параметрами.

По окончании моделирования АС «Сириус» предоставляет пользователю следующие результаты:

- данные по срокам выполнения производственной программы и диаграмму выполнимости производственной программы – сравнение планируемого срока и полученного в результате моделирования;
- данные по загрузке и использованию производственных площадей;
- данные по загрузке и использованию кранового, транспортного и технологического оборудования;
- сводные графики результатов (при проведении серии экспериментов);
- 2D анимация технологического процесса строительства изделий;
- журнал событий.

Результаты моделирования могут быть экспортированы в форматы MS Word и MS Excel.

Возможности разработанного приложения (на примере анализа проектных решений по модернизации одного из крупных судостроительных предприятий Санкт-Петербурга, разработанного ПФ «Союзпроектверфь») были продемонстрированы специалистам ряда организаций судостроительной отрасли (АО «СЗ «Северная верфь», АО «Выборгский СЗ», АО «Зеленодольский СЗ», АО «ОСК» и др.). По результатам собранных в ходе демонстраций предложений был сформирован план по доработке и расширению функциональных возможностей АС «Сириус», который был реализован в рамках НИР «Фобос», выполненной в 2017 году за счет собственных средств АО «ЦТСС».

Выполнение доработки приложения под требования потенциальных потребителей (предприятий судостроительной отрасли, заинтересованных в его внедрении) включала, в том числе, расширение существующих библиотек типового

технологического оборудования и СТО. Новая версия приложения получила название АС «Сириус» 2.0.

Кроме того, в рамках НИР «Фобос», было создано новое программное решение для экспресс-оценки готовности предприятия к строительству заказа без необходимости разработки имитационной модели – модуль «Оценка».

Необходимость создания данного решения обусловлена тем, что для обеспечения точности результатов моделирования требуется аккумуляция в имитационной модели огромного количества данных (краткий перечень которых представлен выше). В ряде случаев такая детализация исходных данных является избыточной. Например, для оценки готовности предприятия к строительству заказа, количество исходных данных может быть сокращено в разы. К тому же практика показывает, что работа по разработке имитационных моделей предприятий часто связана с дефицитом исходных данных и/или их получением в трудно формализуемой форме, требующей дополнительных трудозатрат на обработку.

В этих случаях уместно выполнение «укрупненной» оценки, которая местами грубо и неточно, но зато с гораздо меньшими усилиями способна показать отсутствующие или недостаточные компетенции предприятия по строительству изделий определённых классов, или недостаточность производственных мощностей предприятия.

Архитектурно модуль «Оценка» является клиент-серверным приложением, допускающим одновременную работу нескольких пользователей. Приложение может использоваться в качестве самостоятельного решения или, при необходимости, может быть интегрировано в состав АС «Сириус» 2.0.

При самостоятельной работе ввод данных осуществляется в ручном режиме посредством пользовательского интерфейса, а автономность обеспечивается за счет наличия собственной базы данных.

При работе в составе АС «Сириус» 2.0 появляется возможность импорта данных из БД АС «Сириус» 2.0, которая позволяет автоматически загрузить основной объем характеристик заказов и предприятий.

Оценка готовности предприятия к строительству заказа выполняется путем сопоставления характеристик заказа с компетенциями предприятия, конструктивно-технологическими характеристиками цехов, участков и оборудования. Во время оценки выполняется проверка различных критериев готовности по всем основным видам производства, а затем результаты отдельных критериев собираются вместе. В текущей версии приложения оценка выполняется по 40 критериям.

Критерии могут сильно отличаться по сложности. Простейшие критерии, например, «Возможность поставки материалов» просто проверяет наличие на предприятии подъездных путей разных видов (железнодорожный, морской и т.д.). Более сложные критерии проверяют, например, наличие и характеристики построечных мест СЕ/СМЕ; наличие в сборочно-сварочных цехах вывозных ворот, достаточных по габаритам для транспортировки СЕ/СМЕ с учетом высоты транспортных средств, разности длины и ширины СЕ/СМЕ, и требованиям по минимальным отступам между СЕ и краем ворот.

Критерии делятся на основные и дополнительные. Основные критерии строго говорят о готовности или неготовности предприятия к строительству определённого заказа по определённой причине. Дополнительные критерии только указывают на наличие некоторых преимуществ, относительно других предприятий, или наоборот, отсутствию каких-либо некритичных компетенций и/или характеристик цехов, оборудования и т.п., которые можно относительно несложно восполнить.

Результаты краткой экспресс-оценки отображаются в табличной форме, где

каждому критерию ставится в соответствие одно из трех значений (выполнен, не выполнен, не запускался по причине отсутствия исходных данных).

Для детального анализа полученных результатов модуль «Оценка» формирует итоговый отчет в формате MS Word, в котором информация представлена в текстовой и табличной формах. В начале отчета приводятся основные конструктивно-технологические характеристики заказа и предприятия. Затем следуют краткие выводы о возможности строительства заказа на предприятии. Далее идет детальный вывод результатов выполнения критериев, сгруппированных по отдельным видам производства. Для каждого критерия выводятся качественные и количественные показатели, подтверждающие, что критерий действительно выполнен или показывающие причину, из-за которой заказ, или его часть не могут быть построены. Также в отчет выводятся сведения об отсутствии исходных данных, что отражает качество результатов оценки выполнимости критерия. В конце отчета приводятся таблицы с данными, неудовлетворяющими тем или иным критериям, например, список СЕ/СМЕ, для которых отсутствует подходящее транспортное оборудование.

Созданные программные решения уже доказали свою эффективность. Например, АС «Сириус» 2.0 использовалась в период с 2018 по 2019 годы при создании имитационной модели предприятия Goa Shipyard Limited (Гоа, Индия) в рамках работ по созданию принципиальной технологии строительства кораблей после планируемой модернизации.

АО «ЦТСС» и ООО «Элина-Компьютер» в настоящее время продолжают работы по развитию созданных решений.

В перспективе, на базе данных решений, планируется создание комплексного решения для оценки выполнимости группой предприятий отрасли перспективных производственных программ. Это позволит сократить время на проведение технологического аудита в части оценки технологической исполнимости заказов в производственной системе предприятия.

Литература

1. **Плотников А.М., Долматов М.А., Федотов М.В., Девятков Т.В.** Перспективы развития специализированного программного обеспечения для моделирования процессов функционирования судостроительных производств и анализа выполнимости производственных программ // 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. 115-116.
2. **Долматов М.А., Плотников А.М., Федотов М.В., Девятков Т.В.** К вопросу об имитационном моделировании судостроительных производств – универсальный подход к построению моделей и проведению экспериментов [Электронный ресурс] // Труды Восьмой всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2017) (г. Санкт-Петербург, 18-20 октября 2017 г.). СПб.: Изд-во ВВМ, 2017. С. 366-367.