

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

М.А. Долматов, А.М. Плотников (Санкт-Петербург)

АО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (Санкт-Петербург) накоплен значительный опыт в части применения методов и программных средств имитационного моделирования, который был получен начиная с 2003 года и по настоящее время в рамках выполнения НИР, ОКР и хозяйственных работ с предприятиями и организациями судостроительной и смежных отраслей промышленности.

При этом для создания имитационных моделей функционирования промышленных предприятий сначала применялись языки низкого уровня (типа GPSS World), а далее – специализированные пакеты (AnyLogic, Arena, eMPlan и др.), позволяющие автоматизировать процессы разработки, постановки и проведения экспериментов на модели.

Каждый из проектов по созданию имитационных моделей производственных систем является уникальным, т.к. требует учета специфики строящихся изделий и организации производства на предприятии.

Полученный опыт показал, что существуют три возможных варианта выполнения работ по моделированию судостроительных предприятий:

- выполнение моделирования с передачей предприятию только результатов имитационных экспериментов;
- передача предприятию имитационной модели;
- передача предприятию решения «под ключ».

В первом случае проводится имитационное исследование, при котором предусматривается передача предприятию только результатов имитационных экспериментов. При этом предприятие может даже не интересоваться, с помощью каких инструментальных средств выполнялась разработка имитационной модели. Такая форма оказания услуг по моделированию может являться для предприятия выгодной в том случае, если предприятию необходима разовая услуга по моделированию.

Во втором случае предприятию передаётся имитационная модель (или набор имитационных моделей) с расчётом на то, что его специалисты будут в дальнейшем самостоятельно выполнять постановку и проведение экспериментов. При этом не предусматривается возможность, когда предприятие вносит значимые изменения в имитационную модель, а возможные варианты моделирования определяются только варьированием предопределённым набором исходных данных. Тем не менее, среди параметров модели могут быть и «структурные», которые определяют заранее предусмотренные варианты структуры моделируемой системы. В этом случае вместе с имитационной моделью предприятие получает и тестовый пример.

В третьем случае предприятию передаётся решение «под ключ», включая базу данных исходной информации по оборудованию, изделиям и технологиям, имитационные модели и доработанное/настроенное под требования предприятия программное обеспечение для работы с моделью и ее корректировки. Обязательным условием при этом является обучение специалистов предприятия, в результате которого они должны научиться работать с симулятором и создавать модели хотя бы для определенного класса систем (в ряде случаев на базе специально созданной для этих целей библиотеки модулей).

Трудоемкость и стоимость внедрения при первом варианте минимальна, а при третьем варианте – максимальна.

Второй вариант радикально отличается от первого варианта уже потому, что появляется необходимость создавать для приложений пользовательские интерфейсы, обеспечивающие слабо подготовленному пользователю возможность уверенно и надежно работать даже со сравнительно сложными моделями. При этом должны быть реализована так называемая «защита от дурака», позволяющая обеспечивать диагностику ошибок пользователя в процессе подготовки данных и проведения экспериментов с выдачей сообщений, которые могут быть однозначно интерпретированы пользователем для определения путей ее устранения.

Третий вариант выгоден предприятию в том случае, если предприятие нацелено в перспективе многократно применять имитационную модель и иметь собственную команду обученных специалистов. В этом случае оптимальным представляется комплексное внедрение имитационной модели с интеграцией в корпоративную информационную систему предприятия [1].

Из всего множества возможных задач, решаемых в рамках применения имитационных моделей на судостроительных предприятиях, можно выделить следующие основные задачи, в решении которых заинтересовано предприятие:

- оценка эффективности функционирования всего производства (либо конкретного цеха или вида производства) в текущий момент времени (решение подобной задачи требует предварительной выработки и согласования показателей эффективности, причем показатели должны иметь ясный физический и/или экономический смысл);

- поиск «узких мест» производственной системы;
- оценка выполнимости производственной программы;
- сокращение сроков строительства;
- оценка возможности строительства новых заказов в заданные сроки;
- оптимизация загрузки производственных мощностей за счет повышения эффективности их использования;

- оценка влияния на выполнение производственной программы отдельных возмущающих факторов (например, вывод из производственной цепочки на капитальный ремонт какой-либо единицы оборудования);

- оценка влияния изменений в применяемых технологиях на сроки выполнения производственной программы;

- проверка эффективности принимаемых решений по развитию и модернизации производства или обоснование необходимости в инвестициях, направленных на развитие и модернизацию производства.

В отдельных случаях со стороны специалистов и руководства предприятий возникают различные дополнительные требования к имитационной модели. В качестве примера таких требований можно привести реализацию следующих функциональных возможностей:

- формирование и визуализацию условной (упрощенной) схемы размещения сборочных единиц, заказов, технологического оборудования между производственными участками предприятия в процессе моделирования и в реальном времени (после завершения моделирования);

- сохранение схемы размещения сборочных единиц, заказов, технологического оборудования на производственных участках в виде графических иллюстраций с требуемой периодичностью;

- формирование отчетов о загрузке основных производственных рабочих в составе бригад по месяцам, подразделениям (цехам) с возможностью представления сводной информации по отдельным заказам формирующей указанную в отчете загрузку соответствующего ресурса;

- учет объема работ, передаваемых на исполнение сторонним организациям;
- учет сезонных факторов, ограничивающих возможности выполнения работ на отдельных участках производства или использования отдельных единиц оборудования,

- реализация ограничений прав доступа пользователям к просмотру и редактированию разделов исходной и результирующей информации, средствам создания моделей, постановки и проведения экспериментов;

- представление результатов в виде трехмерной визуализации.

Отсутствие широкого применения имитационных моделей на отечественных судостроительных предприятиях в настоящее время связано со следующими основными проблемами:

- непонимание со стороны верхнего и среднего менеджмента предприятий методологии имитационного моделирования производственных процессов, недооценка потенциальных выгод и преимуществ от применения методологии моделирования;

- сложность в освоении специалистами предприятия специализированных инструментальных средств имитационного моделирования без прохождения предварительного глубокого обучения;

- особенности используемых технологий постройки заказов на конкретном предприятии привносят в имитационную модель множество случайных факторов, которые не могут быть заранее спрогнозированы, либо они сложны для учета при создании имитационной модели;

- недостаточная степень автоматизации производственных процессов на предприятии, высокая степень использования ручного труда и низкий уровень автоматизации подготовки производства, значительно усложняет решение задачи оптимизации производственных процессов и получение адекватной статистики по результатам проведенных экспериментов на имитационной модели;

- низкая степень доверия к результатам, полученным при помощи методов имитационного моделирования, вызванная недостатком информации о положительных практиках применения такого рода информационных технологий в судостроении.

Одним из возможных решений вышеперечисленных задач является применение не зарубежных универсальных пакетов моделирования, а отечественных программных решений, изначально ориентированных на специалистов предприятий судостроительной отрасли (проектантов, технологов и т.д.).

Примером такого отечественного решения является АС «Сириус» 2.0 (правообладатель – АО «Центр технологии судостроения и судоремонта», Санкт-Петербург) [2], предназначенное для автоматизации процесса создания и проведения экспериментов с имитационными моделями судостроительных производств, разработка которой выполнялась в соответствии с существующими мировыми трендами [3] и в обеспечение ликвидации отставания от зарубежных решений, представленных на российском рынке.

АС «Сириус» 2.0 обладает развитыми функциональными возможностями и отработанные интерфейсами с рядом информационных систем, внедренных на предприятиях судостроительной отрасли, и уже доказало свою эффективность при создании различных имитационных моделей в рамках выполнения хозяйственных работ, в т.ч. для подтверждения проектных и технологических решений при разработке

проектов модернизации судостроительных предприятий [4], а также было внедрено на одном из крупных российских судостроительных предприятий.

Литература

1. **А. Аведьян, П. Голдовский, А. Сурьянинов, А. Аксенов, И. Фертман, П. Брук, М. Крутов, С. Марьин, Д. Кондаков.** САПР в современном российском судостроении. Круглый стол // Журнал «Rational Enterprise Management», №3, 2007, Интернет-ресурс <http://icad.spb.ru/articles/29/> (дата обращения 01.10.2021)
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018614213 от 03.04.2018 г.
3. **А. Аккуратов.** Имитационное моделирование в промышленности // Connect WIT 2020 № 01-02 Интернет-ресурс <https://www.connect-wit.ru/imitatsionnoe-modelirovanie-v-promyshlennosti.html> (дата обращения 01.10.2021)
4. **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.