

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ВЫПОЛНИМОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОГРАММ ВЕРФИ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И РЕМОНТУ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ В УСЛОВИЯХ ПОСТОЯННО МЕНЯЮЩЕГОСЯ РЫНКА СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

**А. С. Бузаков, В. А. Рогозин, А. В. Догадин, М. А. Долматов,
А. М. Плотников, Д. О. Федотов (Санкт-Петербург)**

Широко применяемые в отечественной практике исследовательских, инженерно-технических и проектных работ методы аналитического моделирования процессов производства без учета специфики дискретного изменения компонентов систем зачастую ведут к неоправданно большому объему вычислений и не всегда позволяют получить решение с требуемой степенью точности и достоверности реальным процессам.

Для мировой практики в настоящее время характерно применение методов имитационного моделирования (ИМ) на этапах разработки технологических проектов реконструкции судостроительных предприятий, функционирующих в условиях жесткой конкуренции, с целью оптимизации существующих схем материальных потоков, состава и характеристик технологического оборудования, а также выполнимости перспективных производственных программ. Эти методы позволяют на самых ранних стадиях разработки проекта модернизации оценить состояние производственной системы, обосновать необходимость проведения модернизации мощностей предприятия и достигаемый при этом эффект, а использование при проведении исследований современных инструментальных пакетов имитационного моделирования позволяет совмещать различные подходы для повышения адекватности создаваемых моделей реальным производственным системам.

В практике отечественного судостроения решение подобных задач особенно актуально для современных динамически развивающихся предприятий отрасли, занятых производством морской техники гражданского и военного назначения и внедряющих современные технологии и методы постройки судов и кораблей.

Одним из таких предприятий является ОАО «Адмиралтейские верфи», расположенное в Санкт-Петербурге и специализирующееся на постройке и ремонте сложных изделий морской техники гражданского и военного назначения для отечественного и зарубежного потребителя.

В рамках работ по оценке перспектив развития производственных мощностей предприятия разработана имитационная модель корпусостроительного производства специализированного комплекса подводного кораблестроения. Разработка выполнена группой специалистов инженерного центра ОАО «Адмиралтейские верфи» при участии специалистов СПбГМТУ и ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта».

Комплекс подводного кораблестроения (рисунок 1), описываемый имитационной моделью, предназначен для проведения работ, включающих:

- гибку корпусных деталей из листового и профильного проката;
- изготовление узлов, секций и блок-секций корпуса, секций и объемных конструкций оконечностей, секций переборок, платформ, выгородок, фундаментов и других элементов;
- сборку и сварку блоков корпуса;
- проведение гидравлических испытаний блоков на прочность и герметичность;
- проведение очистки, окрашивания и нанесения спецпокрытий на корпусные конструкции;

- изготовление и испытание трубопроводов;
- предмонтажную подготовку, формирование зональных блоков и монтаж в блоках и корпусах механизмов, оборудования, систем и устройств;
- изготовление изделий корпусостроительной номенклатуры;
- изготовление и монтаж труб вентиляции;
- обстройку корабельных помещений;
- формирование вновь строящихся заказов;
- осуществление ремонта и модернизации заказов, находящихся в эксплуатации;
- спуск на воду новых и отремонтированных (модернизированных) заказов;
- выполнение комплекса достроечных работ и швартовных испытаний на плаву у достроечной набережной.



Рисунок 1. Внешний вид моделируемого фрагмента производства

Моделирование функционирования корпусостроительного производства комплекса подводного кораблестроения выполнялось с целью анализа и оценки возможностей реализации на существующих мощностях предприятия перспективной производственной программы по строительству и ремонту заказов на период с 2011 по 2016 годы.

При создании имитационной модели были использованы следующие исходные данные:

- статистические данные, накопленные техническими и технологическими службами предприятия в процессе строительства и судоремонта судов, кораблей и изделий морской техники, полученные из информационной системы предприятия;
- отраслевые нормативные документы для корпусостроительного производства верфи;
- конструкторская документация на технологическое и транспортное оборудование, крановое хозяйство, специализированные агрегаты и приспособления, используемые в процессе производства изделий судостроения;

- проектная документация по основным производственным мощностям предприятия;
- научно-технические и методические материалы по теории и практике использования языков и программных средств ИМ.

В процессе разработки модели были формализованы алгоритмы функционирования производственного комплекса в целом и распределения строящихся заказов по построечным местам.

Алгоритм функционирования производственного комплекса (рисунок 2) сформирован на основе схемы организации работ и описывает варианты процесса функционирования комплекса в зависимости от планируемой первоначальной занятости участков и ступельных позиций в составе комплекса.

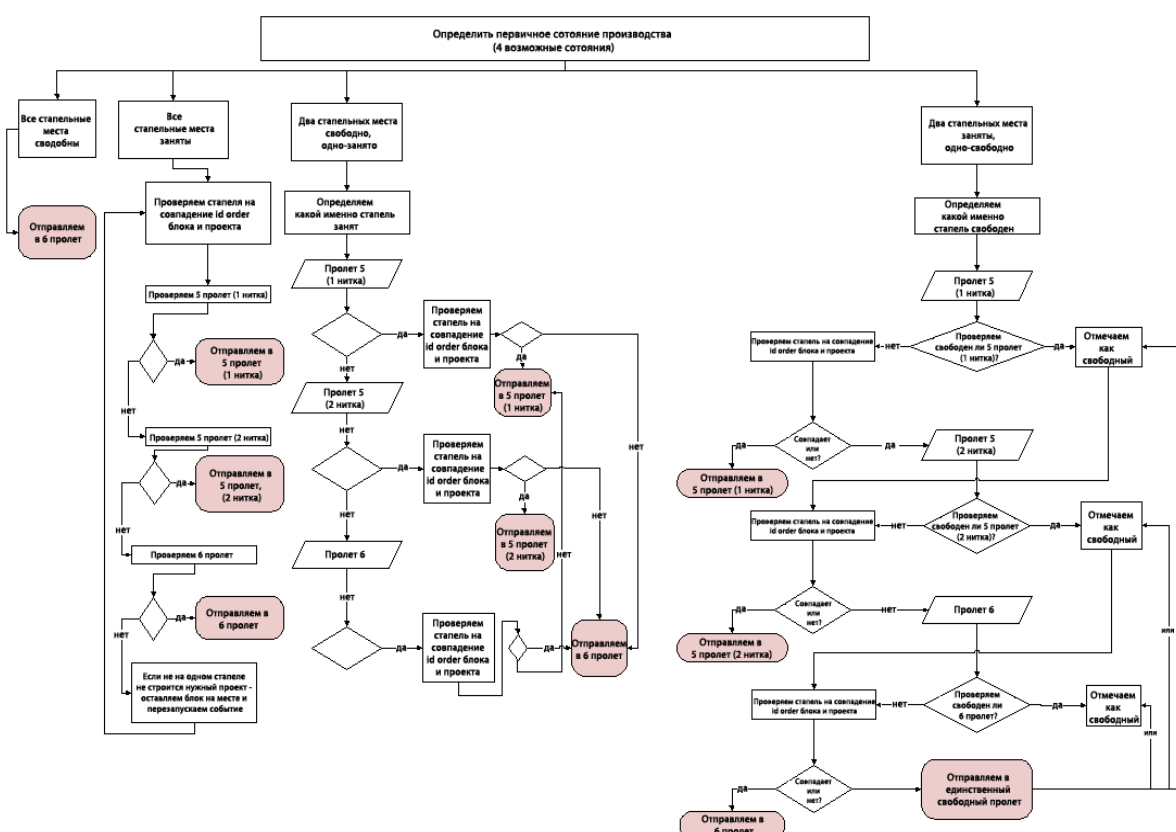


Рисунок 2. Алгоритм функционирования производственного комплекса

Алгоритм распределения строящихся и ремонтируемых заказов по построечным местам (рисунок 3) формировался по результатам анализа номенклатуры заказов в составе перспективной производственной программы предприятия и существующих производственных площадок и участков в поставке комплекса.

Для повышения адекватности разрабатываемой имитационной модели проанализирована система взаимосвязей комплекса подводного кораблестроения с другими цехами предприятия, в т.ч. теми, где выполняется формирование отдельных сборочно-монтажных единиц (СМЕ) или их фрагментов с последующей передачей на участки комплекса для формирования СМЕ или непосредственно на ступельную позицию.

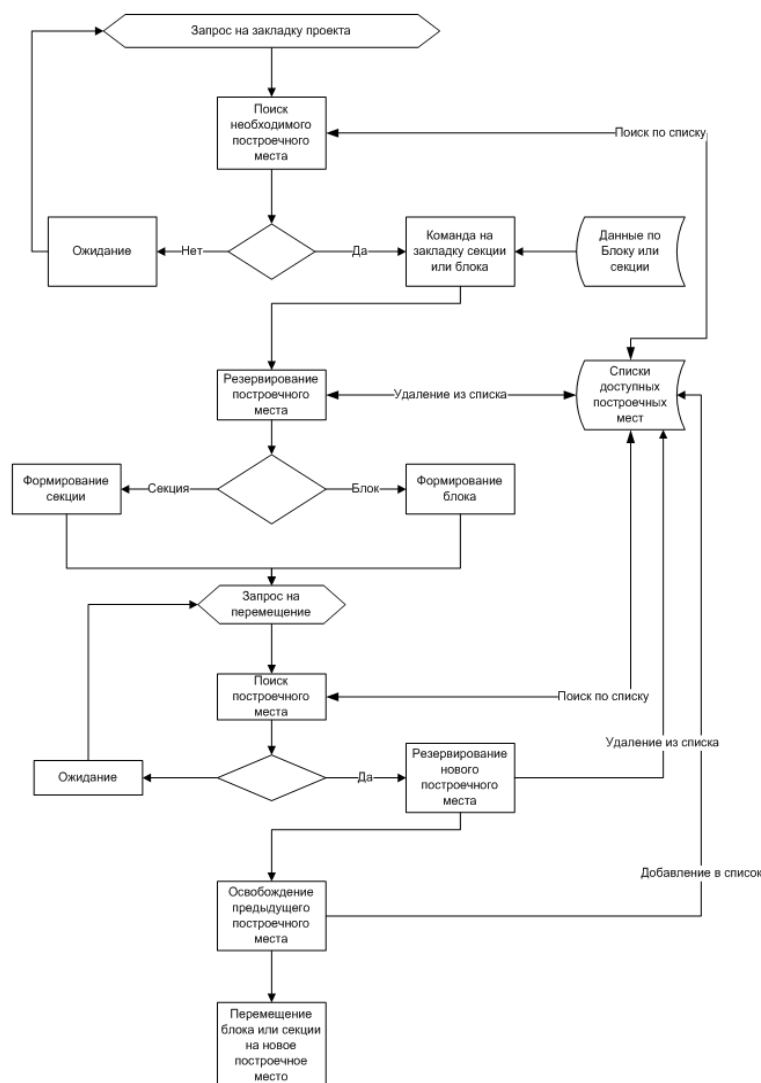


Рисунок 3. Алгоритм распределения строящихся заказов по построечным местам

При создании моделей использовался специализированный пакет имитационного моделирования AnyLogic Professional, в среде которого была воссоздана схема функционирования производственной системы комплекса с учетом ранее разработанных алгоритмов и системы внешних кооперативных связей.

Для обеспечения взаимодействия специалистов предприятия при проведении экспериментов на имитационной модели был разработан специализированный пользовательский интерфейс (рисунок 4), представляющий собой совокупность взаимосвязанных окон, предназначенных для решения различных задач и содержащий набор инструментов в т.ч. изменения регулируемых параметров модели, ввода данных по первоначальному размещению СМЕ на производственных участках комплекса.

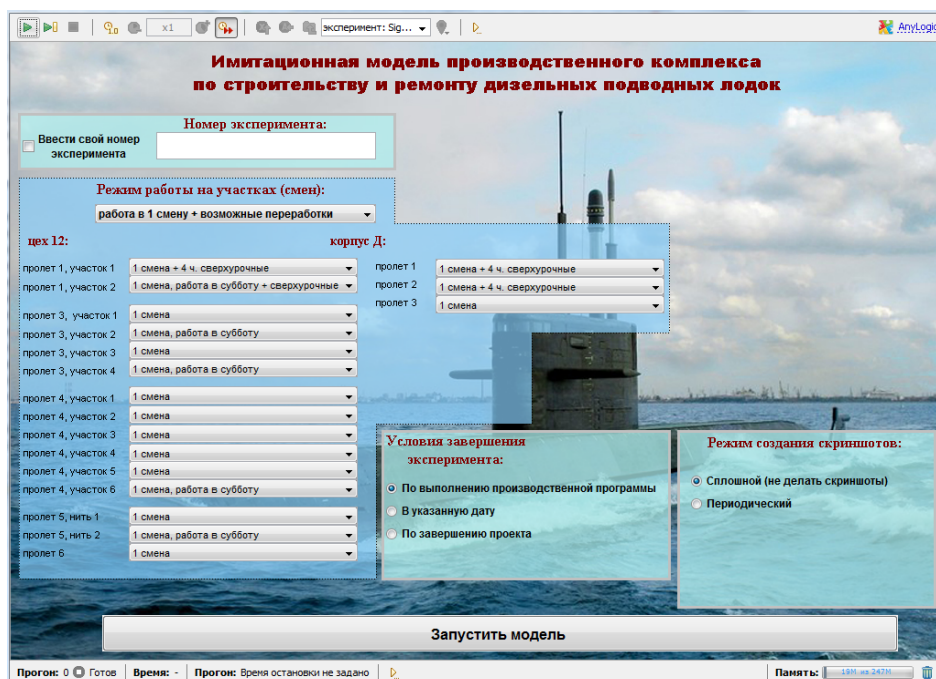


Рисунок 4. Пользовательский интерфейс ИМ

Пользовательский интерфейс позволяет задавать исходные параметры проведения эксперимента, задавать условия его завершения, сохранять результаты экспериментов, в т.ч. схемы размещения СМЕ на производственных участках с заданным периодом.

Кроме того, для пользователя предусмотрена возможность участия в распределении поступающих СМЕ между производственными участками, в т.ч. отправлять на участки временного хранения или перемещать между пролетами цехов в составе комплекса.

Имитационная модель связана с внешними базами данных, содержащими данные об основных характеристиках строящихся и ремонтируемых заказов в составе производственной программы предприятия, перечень и характеристики СМЕ по каждому из строящихся заказов, в т.ч. массогабаритные характеристики СМЕ (секций, блоков, зональных блоков), трудоемкость выполнения работ (на основе статистических данных), планируемые даты начала строительства.

Остальные исходные данные включены непосредственно в структуру имитационной модели в качестве параметров составляющих ее блоков.

Подобный подход позволит специалистам предприятия оперативно дополнять и корректировать основные исходные статистические данные без внесения изменений в структуру самой имитационной модели.

Анализ адекватности и отладка разработанной модели выполнялся специалистами предприятия посредством прогонов с последующим сравнением результатов с реальной статистикой за предыдущие годы по строительству аналогичных проектов. В результате не было выявлено значительных отклонений по срокам выполнения работ от имеющейся статистики и, следовательно, подтверждена адекватность модели производственной системе комплекса подводного кораблестроения.

Для удобства пользователей встроенными средствами пакета AnyLogic в состав интерфейса включена укрупненная анимация перемещения СМЕ между производственными участками комплекса и поступления СМЕ из других цехов, а также формирование корпусов строящихся заказов на построечных местах (рисунок 5).

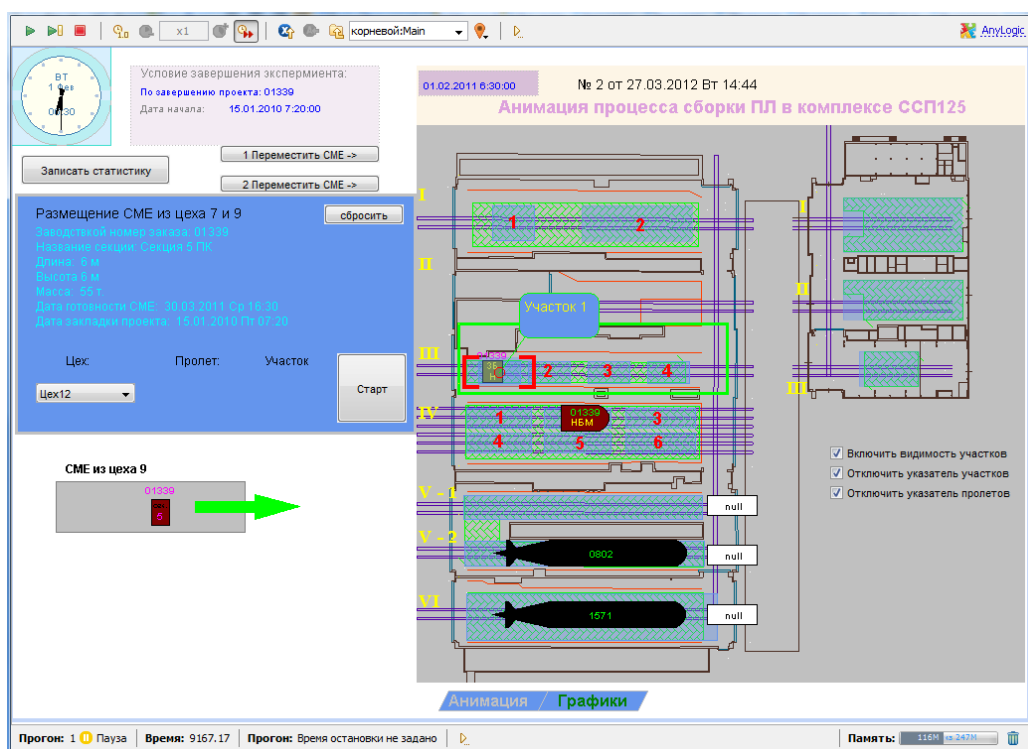


Рисунок 5. Анимация перемещения СМЕ

Далее проведена серия экспериментов по анализу выполнимости перспективной производственной программы предприятия по строительству и ремонту заказов на период с 2011 по 2016 годы.

Основными регулируемыми параметрами являлись:

- сменность выполнения работ на производственных участках комплекса;
- размещение СМЕ на участках по состоянию на начало расчетного периода.

В результате экспериментов получена статистика по выполнению производственной программы, данные по загрузке производственных участков и оборудования, а также схемы размещения СМЕ на участках комплекса.

По результатам выполненной серии экспериментов был выполнен анализ полученных данных по процентной загрузке производственных участков в составе комплекса, а также данные по периоду нахождения СМЕ на производственных участках.

При сравнении построенных по результатам моделирования графиков постройки заказов с первоначально планируемыми графиками постройки по каждому из заказов выявлено, что значительных отклонений по срокам не наблюдается, а максимальное отклонение для нескольких заказов имеет место в сторону сокращения длительности стапельного периода (рисунок 6).

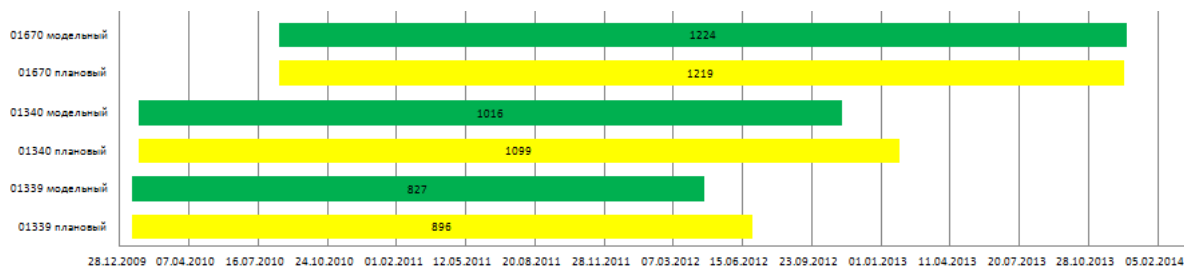


Рисунок 6. Фрагмент графика постройки заказов (по результатам эксперимента)

Процентная загрузка производственных участков и кранового оборудования в составе комплекса не превысила 80%, что коррелируется с имеющейся статистикой технологических служб предприятия.

Полученный опыт внедрения методов и программного пакета имитационного моделирования AnyLogic на ОАО «Адмиралтейские верфи» подтвердил, что использование имитационных моделей позволяет эффективно решать задачи оценки выполнимости перспективных производственных программ предприятия на планируемый расчетный период с учетом текущей занятости производственных участков, планирования загрузки производственных участков, оптимизации транспортных потоков между основными цехами предприятия.

Проведение экспериментов на моделях делает возможным выполнить «автоматизацию определения» тех параметров производства, которые при традиционных подходах определялись (и определяются до сих пор) методами прямого расчета, с использованием значений входящих в них параметров (взятых, как правило, из нормативной и проектной документации).

Тесная интеграция с информационной системой предприятия позволяет значительно повысить адекватность создаваемых имитационных моделей и, как следствие, получить более качественные результаты экспериментов.

Разработка пользовательских интерфейсов, ориентированных на специалистов инженерного центра предприятия, которые в процессе выполнения экспериментов имеют возможность оперативно вносить изменения (например, при распределении поступающих СМЕ по участкам), позволяет максимально использовать их инженерный опыт.

Литература

1. **Долматов М.А., Плотников А.М., Федотов Д.О.** Применение методов имитационного моделирования при разработке оргтехпроектов модернизации и реконструкции предприятий судостроительной отрасли. Сборник докладов пятой научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности конференции «ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА» ИММОД-2011. Том 2, Санкт-Петербург, 2011.
2. **Карпов Ю.Г.** Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2005.