
**АНАЛИЗ ВЫПОЛНИМОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ
КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ВЕРФИ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И РЕМОНТУ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ
С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ
ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.**

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

Одним из основных вопросов, стоящих перед руководством российских судостроительных предприятий, является обеспечение своевременного выполнения производственных программ. Это особенно актуально по отношению к выполнению перспективных кораблестроительных программ, поскольку существует много факторов, влияющих на процессы строительства и ремонта сложных технических изделий. Кроме того, должна учитываться возможность (или подтверждаться необходимость) модернизации существующих мощностей при недостаточной пропускной способности отдельных производств или недостаточности площадей производственных участков, в т.ч. стапельных позиций.

Традиционно применяемые в отечественной практике методы аналитического моделирования производства без учета специфики дискретного изменения компонентов систем часто ведут к неоправданно большому объему вычислений и не всегда позволяют получить решение с требуемой степенью точности и достоверности. В настоящее время в практику работы предприятий и организаций судостроения начали шире внедряться методы имитационного моделирования. Это позволяет на самых ранних стадиях разработки проектов модернизации оценить состояние производственной системы, обосновать необходимость проведения модернизации мощностей и достигаемый при этом эффект. Использование при проведении исследований пакетов имитационного моделирования позволяет совмещать различные подходы для повышения адекватности создаваемых моделей.

В настоящей статье рассматривается имитационная модель корпусостроительного производства в составе специализированного комплекса подводного кораблестроения ОАО «Адмиралтейские верфи». Разработка выполнена совместной рабочей группой специалистов инженерного центра ОАО «Адмиралтейские верфи» и специалистов ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта». ОАО «Адмиралтейские верфи» (г. Санкт-Петербург) специализируется на строительстве и ремонте сложных судов и кораблей для отечественного и зарубежного потребителя. В 2012 году ОАО «Адмиралтейские верфи» был выполнен комплекс мероприятий по оценке необходимости модернизации производственных мощностей верфи для обеспечения выполнения планируемой производственной программы до 2016 года.

Корпусостроительное производство специализируется на следующих работах:

- сборка и сварка блоков корпуса;
- проведение гидравлических испытаний блоков на прочность и герметичность;
- изготовление узлов, секций и блок-секций корпуса, объемных оконечностей;
- изготовление узлов, секций и объемных конструкций оконечностей;
- изготовление секций переборок, платформ, выгородок и фундаментов;
- гибка корпусных деталей из листового и профильного проката;
- очистка, окраска и нанесения спецпокрытий;
- изготовление и испытание трубопроводов;
- формирование зональных блоков и монтаж в блоках и корпусах;
- изготовление изделий корпусостроительной номенклатуры;

- изготовление и монтаж труб вентиляции;
- обстройка корабельных помещений;
- ремонт и модернизация заказов;
- спуск заказов на воду.

Моделирование функционирования корпусостроительного производства 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 модели использованы следующие материалы:

- статистические данные, накопленные техническими и технологическими службами верфи в процессе строительства и ремонта судов и кораблей;
- отраслевые нормативные документы для корпусостроительного производства;
- документация на технологическое, транспортное и крановое оборудование, используемые в процессах строительства и ремонта сложных технических изделий;
- проектная документация на существующее корпусостроительное производство комплекса;
- научно-технические и методические издания по теории и практике использования языков и программных средств ИМ.

В процессе разработки модели формализованы алгоритмы функционирования производства (рис. 1) и алгоритмы распределения строящихся заказов по стапельным позициям в составе производства.

Алгоритм функционирования производственного комплекса подробно описывает возможные варианты функционирования производства в зависимости от планируемой первоначальной занятости производственных участков и стапельных позиций.

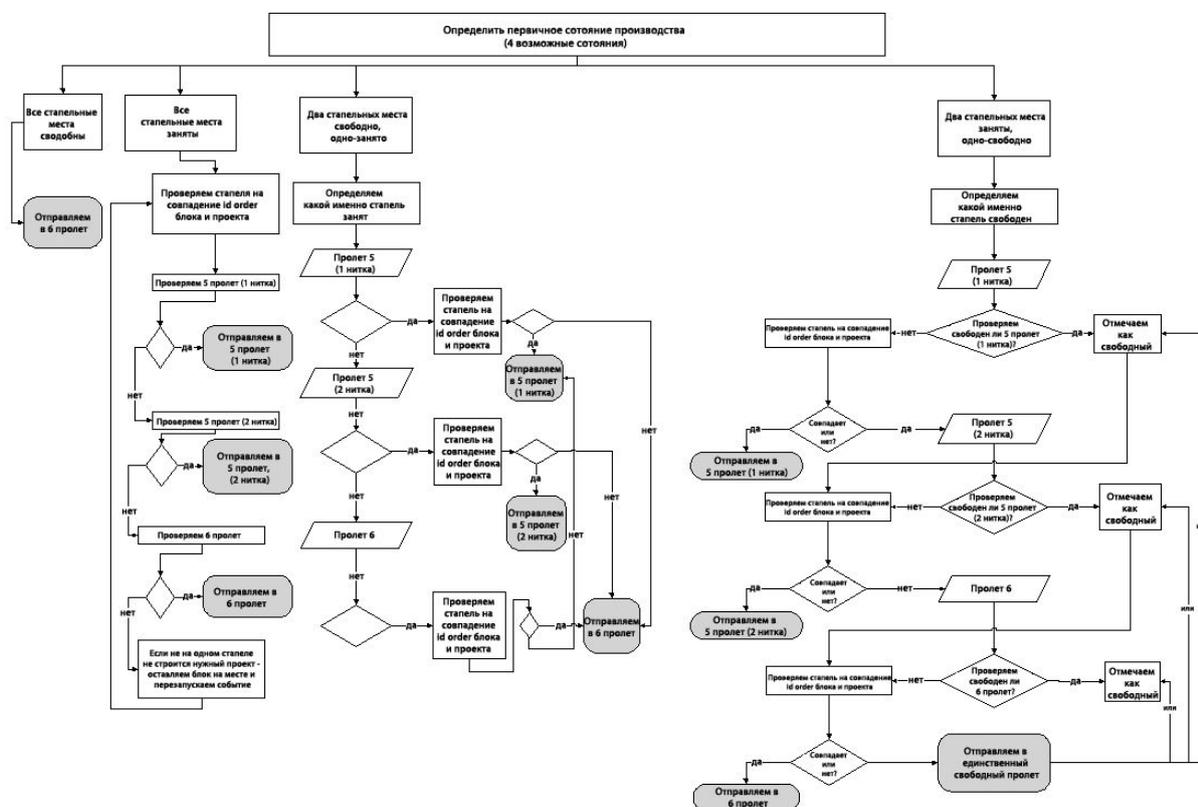


Рис. 1. Алгоритм функционирования производства

Алгоритм распределения строящихся и ремонтируемых заказов между стапельными позициями разрабатывался по результатам анализа номенклатуры заказов в составе перспективной производственной программы предприятия и существующих ограничений производственных площадок.

Для повышения адекватности в состав разрабатываемой имитационной модели включена система внешних взаимосвязей комплекса подводного кораблестроения с другими с другими цехами верфи, в т.ч. тех, где выполняется формирование отдельных сборочно-монтажных единиц (СМЕ) или их фрагментов с последующей передачей на участки формирования СМЕ или непосредственно на стапельную позицию.

Имитационная модель разработана в среде AnyLogic Professional.

Для взаимодействия специалистов с имитационной моделью разработан пользовательский интерфейс. Интерфейс включает систему взаимосвязанных окон, предназначенных для решения различных задач и содержащий инструменты проведения экспериментов (изменение регулируемых параметров, ввод данных по размещению СМЕ на участках, перераспределение поступающих СМЕ между участками или их отправка на площадки временного хранения).

Пользовательский интерфейс позволяет задавать исходные параметры проведения эксперимента, условия его завершения, сохранять требуемые для дальнейшего использования результаты экспериментов, в т.ч. схемы размещения СМЕ на производственных участках с заданной периодичностью.

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 информацию об основных характеристиках строящихся и ремонтируемых заказов в составе производственной программы, перечень и характеристики СМЕ (секций, блоков, зональных блоков) по каждому из строящихся заказов, в т.ч. массогабаритные характеристики, трудоемкость выполнения работ (на основе статистических данных), планируемые даты начала строительства. Прочие исходные данные включены непосредственно в структуру имитационной модели в качестве параметров составляющих ее блоков. Подобный подход позволит специалистам предприятия в дальнейшем оперативно дополнять и корректировать внесенные статистические данные без изменения структуры самой имитационной модели.

Анализ адекватности модели выполнялся посредством выполнения прогонов с последующим сравнением результатов с накопленной статистикой за предыдущие годы по строительству аналогичных проектов. Значительных отклонений по срокам выполнения работ от имеющейся статистики выявлено не было.

Средствами AnyLogic в состав интерфейса включена укрупненная анимация перемещения СМЕ между производственными участками и поступления СМЕ из других цехов, а также поэтапного формирования корпусов строящихся заказов на стапельных позициях (рис. 2).

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 и схема размещения СМЕ на производственных участках.

В ходе экспериментов получена статистика по выполнению производственной программы, данные по загрузке производственных участков и оборудования, а также поквартальные схемы размещения СМЕ (рис. 3).

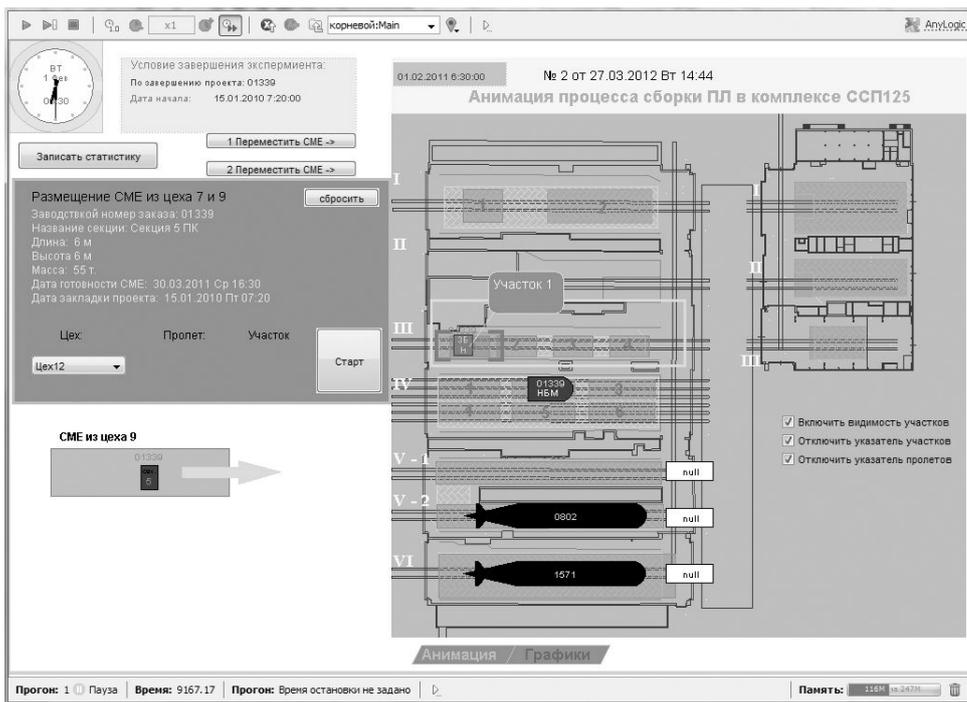


Рис. 2. Анимация перемещения СМЕ

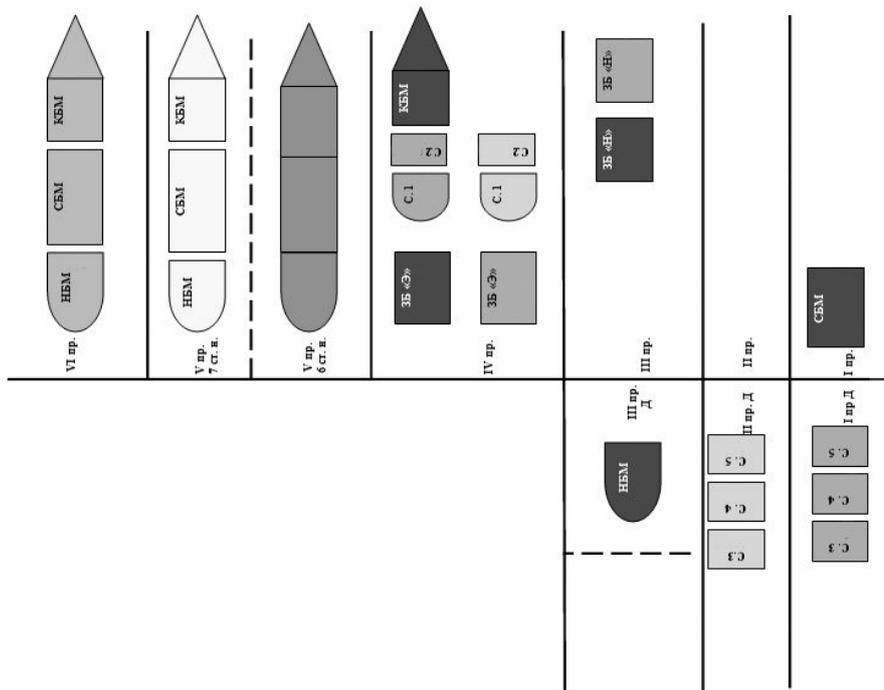


Рис. 3. Схема размещения СМЕ (по результатам эксперимента)

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

При сравнении полученных по результатам моделирования графиков постройки заказов в составе производственной программы с первоначально планируемыми выявлено, что значительных отклонений по срокам не наблюдается, а максимальное

отклонение для нескольких заказов имеет место в сторону сокращения длительности стапельного периода (рис. 4).

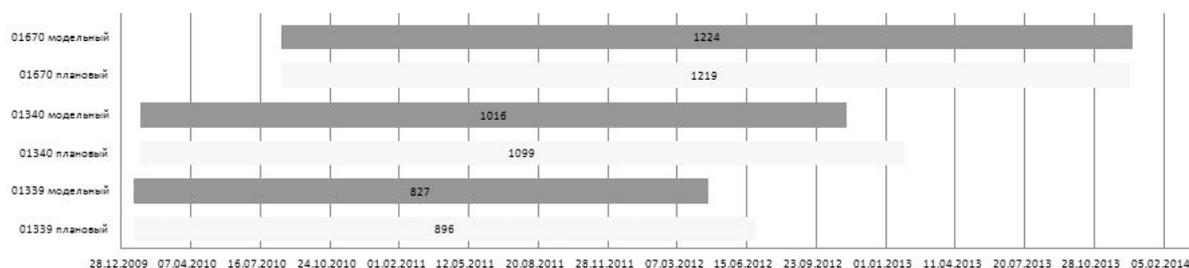


Рис. 4. Фрагмент графика постройки заказов (по результатам эксперимента)

Эксперименты также показали, что загрузка участков и кранового оборудования в составе производства не превышает 80%, что коррелирует с имеющейся статистикой технологических служб предприятия.

Полученный опыт внедрения на ОАО «Адмиралтейские верфи» методов и программных средств моделирования подтвердил, что использование имитационных моделей позволяет эффективно решать задачи оценки выполнимости перспективных производственных программ на планируемый период с учетом текущей занятости производственных участков, планирования сменности выполнения работ, загрузки производственных мощностей и оборудования, оптимизации транспортных потоков между основными цехами верфи.

Проведение имитационных экспериментов позволяет автоматизировать 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 документации).

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

Разработка пользовательских интерфейсов, ориентированных на специалистов конкретных инженерных подразделений в составе предприятий, позволяет максимально использовать их инженерный опыт в процессе проведения исследований и последующего анализа получаемых результатов экспериментов.

Литература

1. Бузаков А.С., Рогозин В.А., Догадин А.В., Долматов М.А., Плотников А.М., Федотов Д.О. 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 // Сб. докл. второй международной науч.-практ. конф. «Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем» – «ИКМ МТМТС 2013», ОАО «ЦТСС», Санкт-Петербург, 2013.
2. Пуга Grigoriev. AnyLogic 6 in Three Days, AnyLogic North America, 2012.
3. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2005.