

---

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ РАЗРАБОТКИ ОРГТЕХПРОЕКТОВ МОДЕРНИЗАЦИИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. М. Плотников, А. А. Васильев, М. А. Долматов, И. Е. Любимова  
(Санкт-Петербург)

Одним из приоритетных направлений деятельности ФГУП «ЦНИИ технологии судостроения» является разработка проектов реконструкции и технического перевооружения предприятий судостроительной отрасли.

Среди последних работ института можно выделить разработку оргтехпроектов модернизации комплекса подводного судостроения предприятия ФГУП «Адмиралтейские верфи» и модернизации корпусообрабатывающего и сборочно-сварочного производств предприятия ОАО «СЗ “Северная верфь”».

Разработка проектов модернизации ставит своими основными целями: снижение трудоемкости изготовления деталей и корпусных конструкций, сокращение сроков постройки и сдачи кораблей и судов, повышение эффективности использования существующих производственных площадей, оптимизацию номенклатуры применяемого производственного оборудования и численности обслуживающего персонала.

В работах, связанных с модернизацией комплекса подводного судостроения предприятия ФГУП «Адмиралтейские верфи», в качестве представительного фрагмента для создания имитационной модели были выбраны два цеха, входящие в состав комплекса. Все моделирование выполнялось для оценки принимаемых проектных решений по реконструкции и модернизации производства.

Построение имитационной модели (ИМ) действующего специализированного судостроительного производства выполнялось для:

- подтверждения выполнения заданной производственной программы средствами имеющихся производственных мощностей;
- определения минимального времени выполнения заданной производственной программы;
- определения загрузки основного обрабатывающего оборудования, входящего в состав выбранного фрагмента сборочно-сварочного производства;
- проверки возможности сокращения количества сборочных и сварочных мест;
- выработки рекомендаций по изменению номенклатуры и количества специализированного оборудования.

В состав выбранного для имитационного моделирования фрагмента сборочно-сварочного производства были включены производственные участки:

- изготовления шпангоутов;
- сборки обечаек прочного корпуса (ПК);
- сварки обечаек ПК;
- обработки обечаек на карусельном станке;
- сборки обечаек и шпангоутов;
- изготовления секций ПК;
- хранения деталей, узлов, собранных шпангоутов и обечаек.

Перед началом работы были составлены блок-схемы, описывающие взаимодействие между производственными участками выбранного фрагмента цеха, и на их основе созданы имитационные модели.

Пример укрупненной блок-схемы приведен на рис. 1.

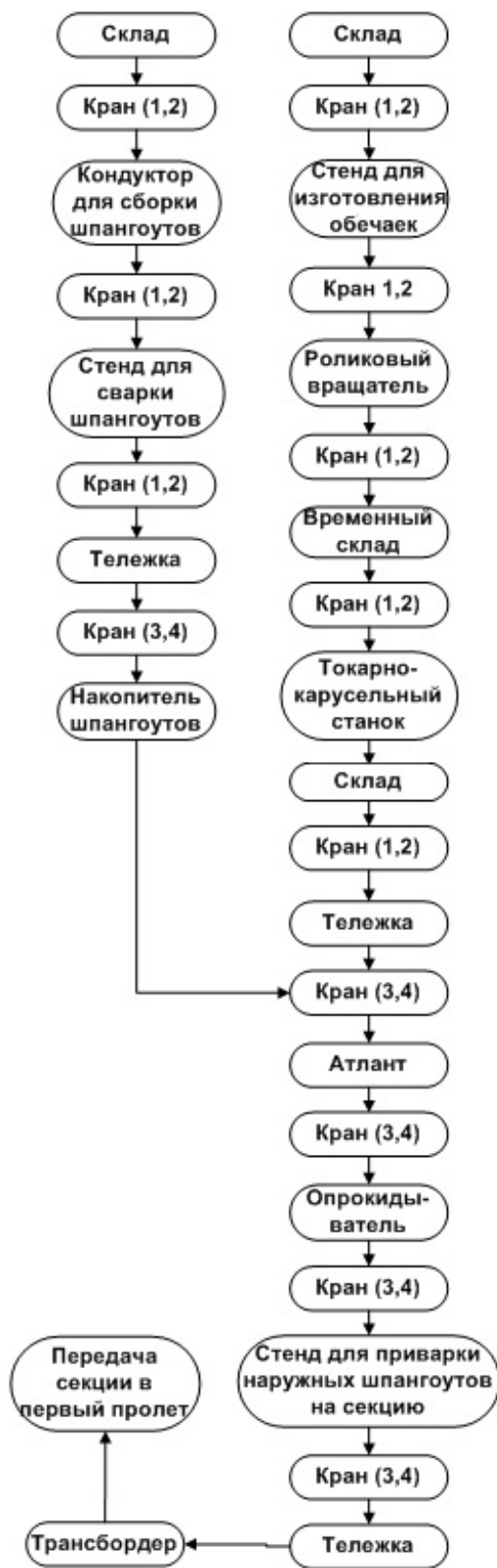


Рис. 1. Схема выполнения сборочно-сварочных операций по формированию основных сборочных единиц корпуса

Разработка моделей и их последующая отладка выполнялась в среде инструментального пакета GPSS World 2000 версии 4.3.

На основе созданных имитационных моделей проведено моделирование процессов формирования основных сборочных единиц ПК подводных лодок двух проектов.

В ходе выполнения работы с помощью имитационной модели были поставлены эксперименты, в процессе которых проверялась возможность изменения следующих исходных параметров:

- количества сварочных станков;
- количества сборочных станков.

Эксперименты проводились следующим образом.

Сначала было проведено моделированием процесса функционирования сборочно-сварочного производства цеха для трехсменного рабочего дня. Затем для двух- и односменного рабочего дня. В результате получено, что при одно-, двух- и трехсменном рабочем дне заданная производственная программа выполняется за 383, 192 и 128 дней соответственно, что примерно соответствует реальной статистике по строительству лодок подобного класса.

Одновременно получены данные по загрузке основного производственного оборудования и на основе их анализа выработаны рекомендации по возможному сокращению первоначально планируемого числа станков на производственных участках. Анализ показал, что количество станков может быть сокращено с 10 до 7.

Кроме того, на модели была проверена возможность осуществления параллельного запуска на изготовление основных конструктивных элементов двух проектов лодок. Эксперимент подтвердил возможность такого запуска и показал, что это может дать экономию времени до 25 дней по сравнению с раздельным запуском проектов на изготовление.

Результаты проведенного моделирования подтвердили, что фрагмент комплекса подводного судостроения ФГУП «Адмиралтейские верфи», на основании проектных данных о котором создавалась имитационная

модель, соответствует требованиям производственной программы предприятия. В первоначальный проект могут быть внесены изменения согласно рекомендациям, сформулированным на основе анализа модели.

При разработке проекта модернизации корпусообрабатывающего и сборочно-сварочного производств предприятия ОАО «СЗ “Северная верфь”» моделирование выполнялось с целью отработки и оценки принимаемых проектных решений. Была создана имитационная модель с использованием системы имитационного моделирования AnyLogic.

Перед началом моделирования, параллельно с процессом проектирования, было произведено изучение структуры внутреннего и внешнего взаимодействия действующего производства цехов верфи и выполнен сбор статистики.

Разработанные на основе собранной информации алгоритмы функционирования производств стали основой для создания имитационной модели средствами системы AnyLogic v4.1. Структура фрагмента модели представлена на рис. 2.

В модель включено более 50 единиц оборудования, расположенного на производственных участках трех пролетов корпусообрабатывающего цеха и двух пролетов сборочно-сварочного цеха, участков предварительной обработки металлопроката, а также на открытом складе.

Созданная модель позволяет осуществлять проведение экспериментов, связанных с изменением годовой производственной программы, времени обработки металлопроката на отдельных позициях и периодичностью подачи листов в обработку со склада.

Модель поддерживает регулировку широкого перечня параметров, таких как:

- период модельного времени;
- распределение толщин и габаритов заказного листа;
- распределение по типам деталей;
- режимы работы оборудования и циклы его «изъятия»;
- длительность транспортных операций;
- численность и производительность персонала.

Средствами системы создан пользовательский интерфейс, позволяющий выполнять регулировку основных параметров модели и в реальном времени осуществлять контроль за проведением экспериментов. Интерфейс может использоваться независимо от системы, в которой он был создан, так как является Java-апплетом. Его запуск и работа с моделью возможны на любом компьютере с установленным браузером, поддерживающим просмотр Java-апплетов. Пользовательский интерфейс, созданный в AnyLogic, представлен на рис. 3.

Разработанная специалистами института модель будет использоваться для анализа возможностей реализации на практике первоначальных требований, предъявляемых предприятием. В составе таких требований можно выделить:

- необходимость учета в модели поэтапной модернизации производства;
- необходимость сохранения в процессе модернизации отдельных единиц оборудования согласно первоначальной схеме размещения производственных участков;
- возможность размещения на существующих производственных площадях дополнительных производственных участков;
- проверку используемой принципиальной технологии постройки;
- возможность переноса со стапеля в корпусный цех части сборочно-монтажных операций (крупноузловая и крупносекционная сборка).

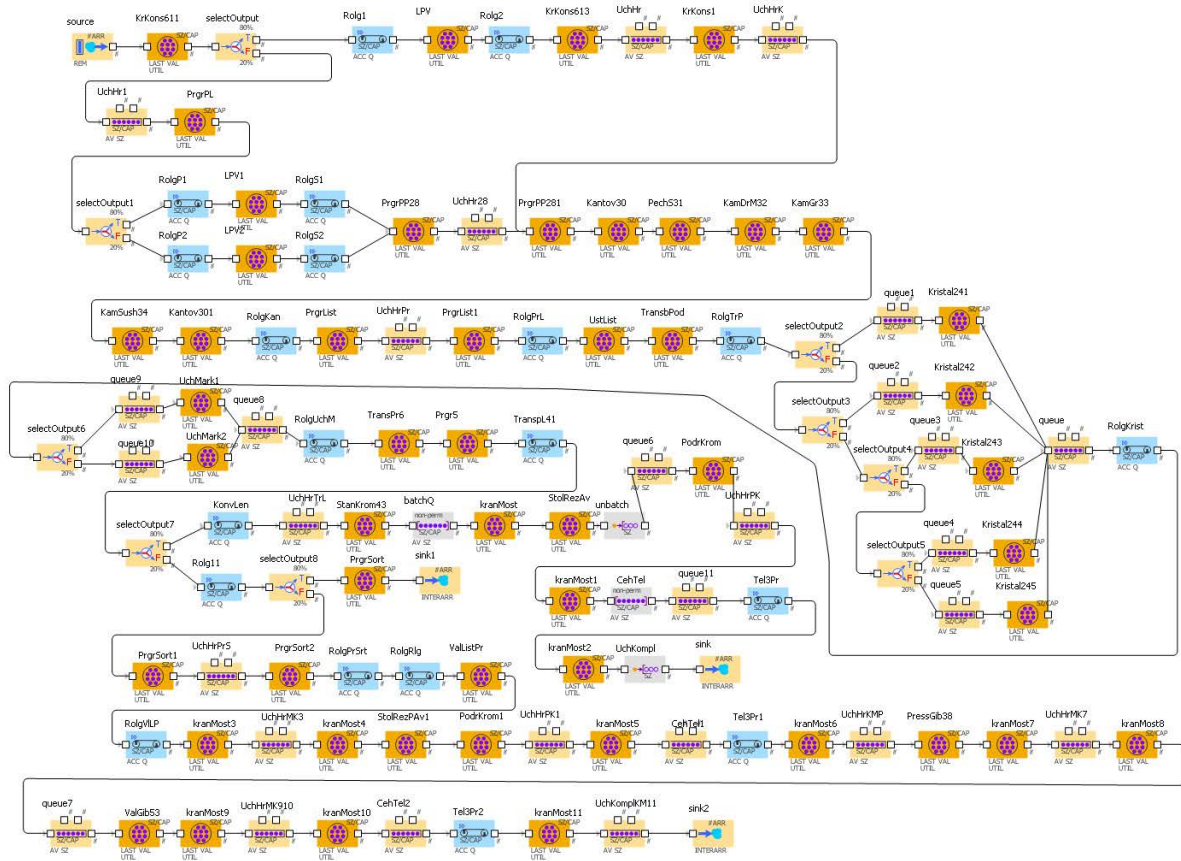


Рис. 2. Структура имитационной модели

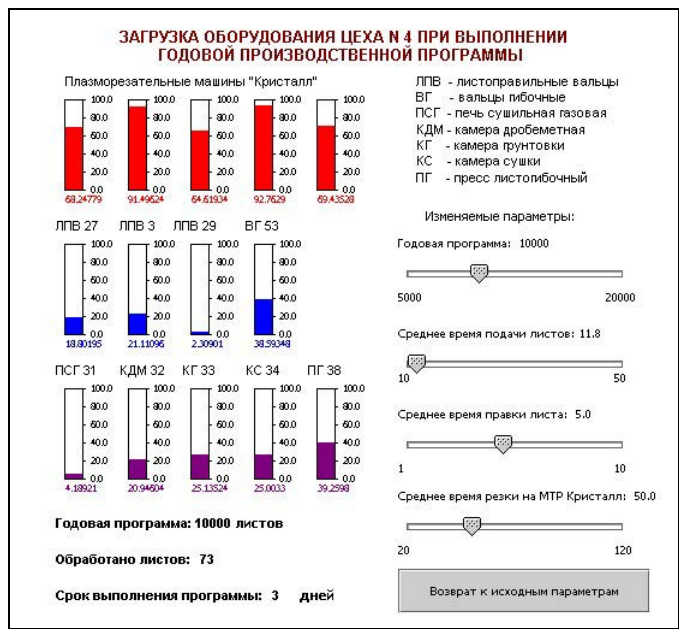


Рис. 3. Пользовательский интерфейс, созданный средствами AnyLogic

Проведенные специалистами института исследования показали, что использование имитационных моделей, особенно созданных с использованием современных систем типа AnyLogic, на этапе разработки оргтехпроектов модернизации, как существующих, так и новых производств, способствует более эффективному решению задач оптимизации производственных систем и технологических процессов.

Реализация в AnyLogic предметно-ориентированного подхода к представлению сложных производственных систем позволяет в несколько раз сократить время моделирования по сравнению с системами типа GPSS, избежать при разработке моделей использования языков низкого уровня и привлечения к работе программистов, специализирующихся на этих языках.

Развитые встроенные средства визуализации позволяют упростить процесс верификации и отладки модели, осуществляемый совместно со специалистами проектных организаций на ранних стадиях разработки проектов модернизации производства. Кроме того, имитационная модель может выступать в качестве простого и эффективного инструмента для проигрывания (прогнозирования) возможных ситуаций и принятия обоснованных решений по оперативному управлению участком (цехом). Это может быть реализовано путем создания небольших моделей с включением только оборудования участка и учетом внешних связей с производством.

Использование имитационного моделирования при разработке технических проектов модернизации предприятий судостроительной отрасли позволяет обеспечить:

- оптимизацию состава и характеристик оборудования с соответствующим снижением затрат на реконструкцию на 10–15% (по экспертным оценкам);
- сокращение времени разработки проектов строительства, реконструкции и модернизации производств до 20–30% (по экспертным оценкам);
- оптимальный формат представления результатов разработки проектов заказчику.

### Литература

1. Производственный комплекс подводного кораблестроения ФГУП «Адмиралтейские верфи». Принципиальная технология технического перевооружения и реконструкции. СПб., 2005.
2. Руководство пользователя по GPSS World/Пер. с англ. –Казань: Мастер Лайн, 2002.
3. **Карпов Ю. Г.** Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование в среде AnyLogic. –СПб., 2005.
4. AnyLogic. Руководство пользователя. – Xj Technologies Company Ltd. –СПб., 2005.
5. <http://www.xjtek.com>