

---

## ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ GPSS WORLD ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ СУДОСБОРОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ В СОСТАВЕ СОВРЕМЕННЫХ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ВЕРФЕЙ

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

### Введение

Программный комплекс имитационного моделирования процессов функционирования цехов укрупнения и насыщения блоков и стапельного производства предприятий средне- и крупнотоннажного судостроения был разработан компанией ООО «Элина-Компьютер» (Казань) по заказу и с участием ОАО «ЦТСС» (Санкт-Петербург). Назначение программного комплекса – автоматизация задачи определения возможности выполнения производственной программы судостроительного предприятия и поиск «узких мест» (очереди, простои, перегрузки и т.п.), воздействующих на производственный процесс. Кроме того, возможно определение требуемых параметров стапельных позиций и номенклатуры кранового оборудования для обеспечения выполнения производственной программы.

Перечень решаемых задач:

- подтверждение выполнимости производственной программы;
- определение длительности постройки судов производственной программы;
- определение загруженности производственных участков сборки, укрупнения и насыщения блоков и стапельных позиций;
- определение характера использования кранового и транспортного оборудования;
- формирование журнала событий до стапельного и стапельного периодов строительства судов;
- расчет параметров построечных мест, необходимых для выполнения производственной программы;
- определение количества и типов кранового оборудования по заданным параметрам.

Программный комплекс создан с использованием языка С# и инструментальных средств платформы NET Framework. Имитационная модель разработана в среде GPSS World [1,2].

На конференции ИММОД 2011 (Санкт-Петербург) была представлена первая версия данного программного комплекса [3]. В настоящей версии:

- увеличена детализация описания технологических процессов верфи, в т.ч. операций сборки, укрупнения и насыщения блоков;
- добавлены возможности по решению расчетных («обратных») задач;
- переработаны редакторы данных предметной области;
- добавлена функция импорта данных.

### Предметная область

Основными пользователями программного комплекса являются технологи-судостроители и инженеры-проектанты. Поскольку проектирование производственной системы судостроительного предприятия является достаточно сложной задачей, к этому процессу привлекаются специалисты различных специализаций. Соответственно и исходные данные для моделирования поступают от подразделений разных специализаций.

Каждая группа пользователей отвечает за подготовку данных, только относящихся к своей компетенции, запуск модели (прогоны) может выполнять любой пользователь. Учитывая необходимость совместной работы пользователей, программный комплекс ра-

ботает с единой базой данных и построен по сервис-ориентированной архитектуре. За корректное сохранение данных отвечает специальный сервис, являющийся промежуточным звеном между базой данных и клиентом (пользователем). Моделирование выполняется на сервисе моделирования. Выделение сервиса моделирования позволяет разместить вычислительное ядро модели на общем сервере, а не устанавливать его на каждое рабочее место.

Состав исходных данных для функционирования модели следующий:  
 описание судов (тип судна, основные размерения, водоизмещение);  
 разбивка судов на сборочно-монтажные единицы (СМЕ);  
 номенклатура и характеристики кранового и транспортного оборудования;  
 размеры цехов и производственных участков;  
 схема размещения кранового оборудования на производственных участках;  
 технологии строительства судов;  
 производственная программа верфи и др.

Для ввода исходных данных разработан графический редактор.

На рис. 1 представлены результат ввода разбивки судна на строительные единицы, и автоматически сгенерированное дерево формирования корпуса судна.

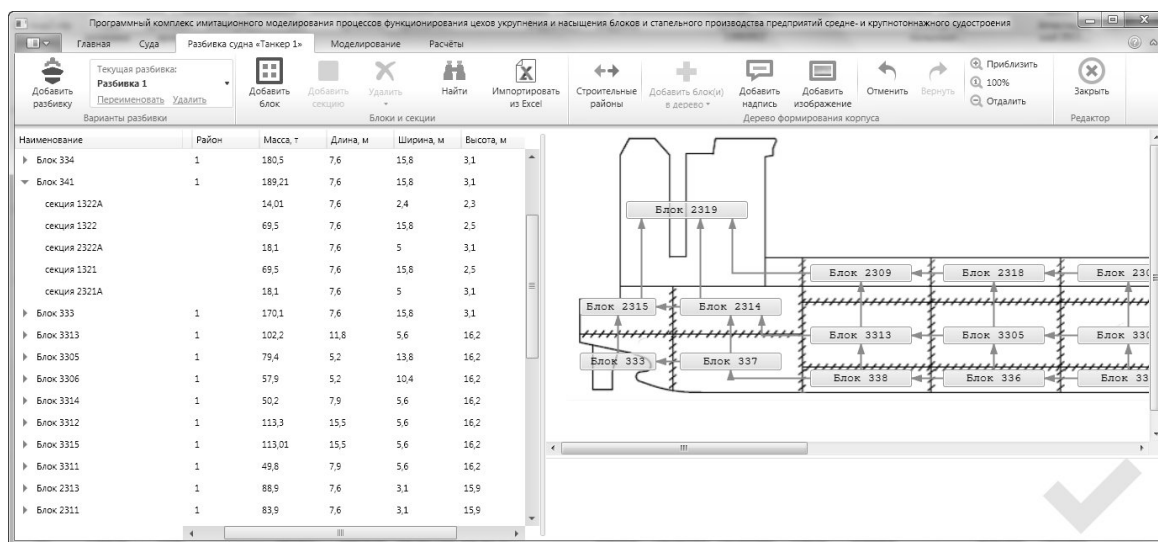


Рис. 1. Разбивка судна на строительные единицы (фрагмент интерфейса)

В среде графического интерфейса программного комплекса задается планировка анализируемой производственной системы и расставляется крановое оборудование (рис. 2).

Перечень блоков и секций, а также «дерево» формирования корпуса судна могут быть введены как вручную, так и автоматически посредством специального интерфейса импорта (рис. 3). Для импорта данных необходимо, чтобы характеристики строительных единиц и их взаимосвязи были представлены в форме таблицы Microsoft Excel, которая, в свою очередь, может быть получена путем выгрузки необходимых данных из информационной системы верфи.

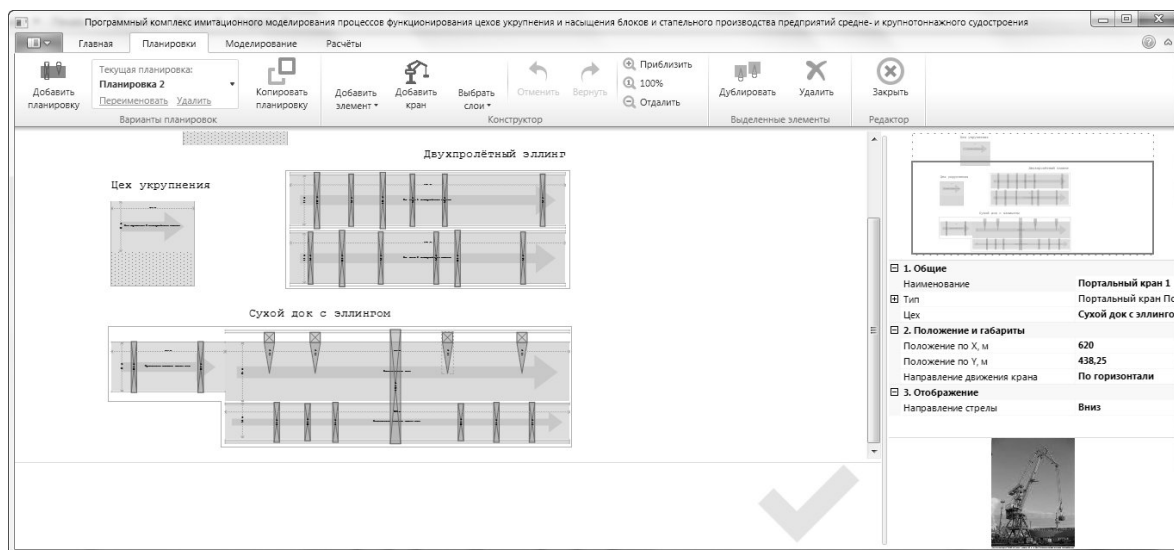


Рис. 2. Планировка построочного места (фрагмент интерфейса)

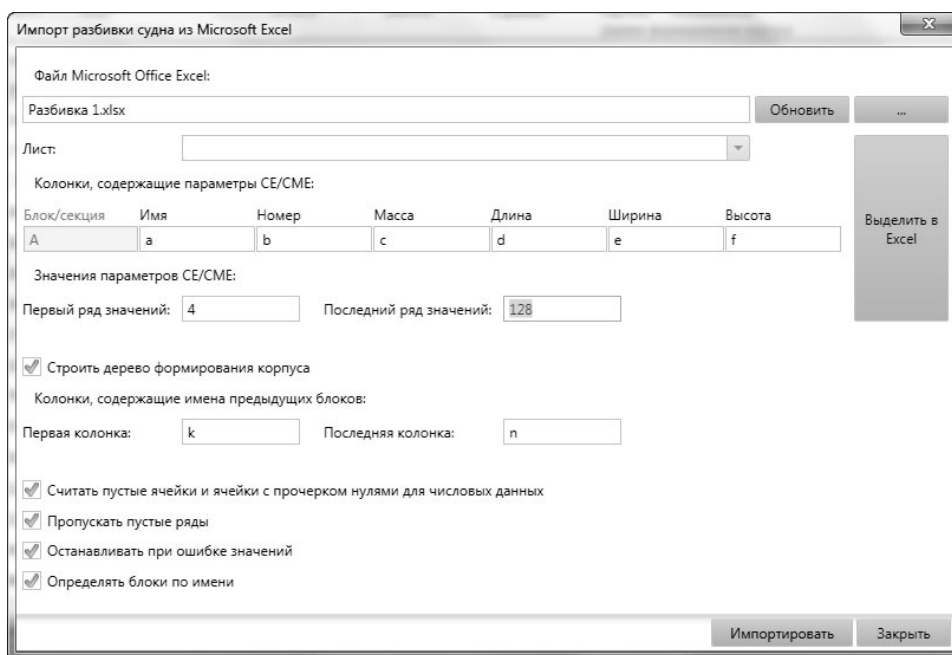


Рис. 3. Интерфейс импорта данных из внешнего файла

### Моделирование

Имитационная модель, созданная программным комплексом, описывает все базовые операции над СЕ/СМЕ и судами, определенные в технологии, с учетом наличия свободного места на производственных площадках и стапельных нитках, доступности и характеристик кранового и транспортного оборудования.

На модели может быть проведен как один эксперимент, так и комплексное исследование из множества экспериментов. При проведении экспериментов могут варьироваться следующие параметры:

производственная программа;

разбивка судов и технологии их строительства;  
планировка стапельных позиций и участков (цехов) укрупнения и насыщения блоков;

сменность выполнения работ;

расписание поставок секций и параметры срыва поставок.

По окончании моделирования программа предоставляет следующие результаты:

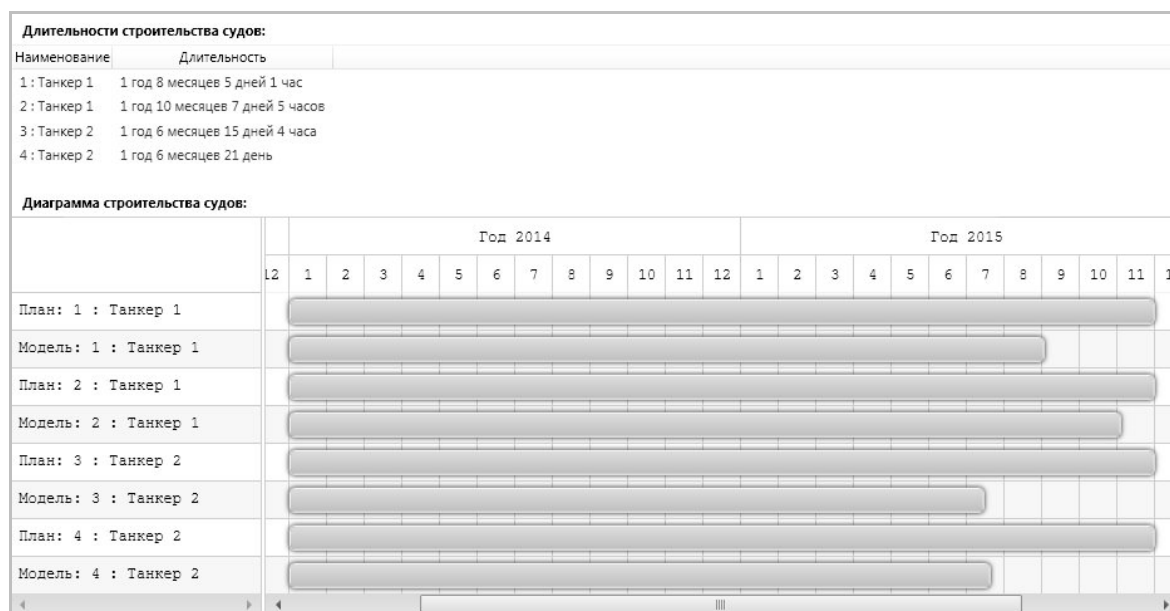
1. данные по срокам выполнения производственной программы и диаграмму выполнимости производственной программы – сравнение планируемого срока и полученного в результате моделирования (рис. 4);

2. данные по загрузке и использованию площадей производственных участков и стапелей;

3. оценка использования кранового и транспортного оборудования;

4. журнал событий;

5. данные по загрузке и использованию площадей производственных участков и стапелей.



**Рис. 4. Диаграмма выполнимости производственной программы**

Результаты выполненных экспериментов сохраняются в отчете формата Microsoft Word, куда включаются также все исходные данные.

### Расчетные задачи

Программный комплекс позволяет решать так называемые «обратные» задачи, в которых определяются параметры стапельных позиций и производственных участков (цехов) укрупнения и насыщения блоков, требуемых для выполнения производственной программы, а также номенклатура, количество и характеристики кранового оборудования в составе производства.

Расчеты проводятся по методикам, алгоритмам и формулам, используемым в практике работ предприятий судостроительной отрасли, в т.ч. ОАО «ЦТСС».

Исходными данными для расчета являются:

производственная программа.

разбивка судов на СМЕ;  
параметры строительства судов;  
планируемое количество и параметры цехов укрупнения и насыщения блоков и стапельных позиций.

Результатами расчета являются:

рекомендуемые размеры цехов и построечных мест;

рекомендуемое количество кранового оборудования под каждую весовую группу СМЕ.

По окончании расчета автоматически генерируется отчет в формате Microsoft Word, в который включаются все исходные данные и результаты расчетов.

### Заключение

Программный комплекс позволяет решать как «прямые» задачи, связанные с оценкой выполнимости производственных программ при заданном наборе ограничений, так и «обратные» задачи, состоящие в определении рекомендуемых параметров цехов и стапельных позиций, номенклатуры и характеристик кранового оборудования в зависимости от планируемой производственной программы. В процессе моделирования пользователь получает данные о наличии и характере «узких мест» производственной системы, препятствующих выполнению производственной программы предприятия [4].

Созданный программный комплекс может быть рекомендован к применению на ранних этапах разработки проектов модернизации и реконструкции предприятий судостроительной отрасли, а также для оценки целесообразности проведения модернизации имеющихся производственных мощностей предприятий и прогнозирования эффективности от ее проведения.

В перспективе планируется интеграция созданного программного комплекса с информационной системой судостроительного предприятия для использования профильными подразделениями верфи, занимающимися оперативным планированием, управлением и перспективным развитием предприятия.

### Литература

1. Руководство пользователя по GPSS World // Пер. с англ. – Казань: Изд-во «Мастер-Лайн», Казань, 2002.
2. **Боев В.Д.** Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World: учеб. пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2004.
3. **Девятков В.В., Федотов М.В., Долматов М.А., Федотов Д.О., Нисенбаум Р.С.** Применение универсальной системы имитационного моделирования GPSS World при проектировании судосборочных комплексов в составе современных судостроительных верфей // Имитационное моделирование. Теория и практика: сб. докл. пятой юбилейной всероссийской научно-практической конференции ИММОД-2011. Том 2. ОАО «ЦТСС», Санкт-Петербург, 2011.
4. Разработка типового технологического проекта сборочно-сварочного производства, инновационных технологических процессов и высокопроизводительного оборудования для сборки и сварки корпусных конструкций, включая крупногабаритные блоки различных типов морской техники, со схемой использования разработанных технологий на судостроительных предприятиях: итоговый отчет по ОКР «Аванпроект-Мортех» / ОАО «ЦТСС», Санкт-Петербург, 2013.