

*М. В. Федотов*, рук. проекта ООО «Элина-Компьютер», г. Казань, [vmftov@pochta.ru](mailto:vmftov@pochta.ru)

*В. В. Девятков*, канд. техн. наук, директор ООО «Элина-Компьютер», г. Казань, [vladimir@elina-computer.ru](mailto:vladimir@elina-computer.ru)

*М. А. Долматов*, гл. специалист ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта»,  
г. Санкт-Петербург, [dolmatov@sstc.spb.ru](mailto:dolmatov@sstc.spb.ru)

*В. А. Коренько*, гл. специалист ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта», г. Санкт-Петербург,  
[dolmatov@sstc.spb.ru](mailto:dolmatov@sstc.spb.ru)

*А. М. Плотников*, зам. начальника отделения информационных технологий, ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта», г. Санкт-Петербург, [plotnikov@sstc.spb.ru](mailto:plotnikov@sstc.spb.ru)

## Применение системы GPSS World при проектировании и модернизации судосборочных комплексов в составе современных судостроительных верфей<sup>1</sup>

В статье описан программный комплекс для моделирования технологических процессов крупноблочного строительства судов и анализируются возможности выполнения производственной программы и поиска «узких мест». Разработанный программный комплекс предназначен для создания имитационных моделей, охватывающих цеха укрупнения и насыщения блоков и стапельное производство судостроительных предприятий и проведения на них комплекса экспериментов. Описаны задачи, решаемые с использованием комплекса; инструменты задания исходных данных, формирования имитационной модели; задание условий проведения эксперимента, предоставляемые пользователю посредством пользовательского интерфейса; результаты моделирования и расчетных задач; выводы по результатам проведенного моделирования.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, моделирование технологических процессов, модели в судостроении.

### Введение

Программный комплекс имитационного моделирования процессов функционирования цехов укрупнения и насыщения блоков и стапельного производства предприятий средне- и крупнотоннажного судостроения был разработан компанией ООО «ЭлинаКомпьютер» (Казань) по заказу и с участием ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (Санкт-Петербург). Назначение программного комплекса — авто-

матизация задачи определения возможности выполнения производственной программы судостроительного предприятия и поиск «узких мест» (очереди, простои, перегрузки и т.п.), воздействующих на производственный процесс, а также определение требуемых параметров стапельных позиций и номенклатуры кранового оборудования для обеспечения выполнения производственной программы.

### Перечень решаемых задач

С помощью программного комплекса реализуются следующие задачи:

- подтверждение выполнимости производственной программы;

<sup>1</sup> Статья рекомендована к опубликованию в журнале «Прикладная информатика» Национальным обществом имитационного моделирования (Россия).

- 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 достпельного 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 выполнена следующая доработка:

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

### Предметная область

Основные пользователи программного комплекса — технологи-судостроители и инженеры-проектировщики. Поскольку проектирование производственной системы судостроительного предприятия является достаточно сложной задачей, к этому процессу привлекаются исполнители различных специализаций. Соответственно и исходные данные для моделирования поступают от подразделений разных специализаций.

Каждая группа пользователей отвечает за подготовку данных, относящихся только к ее компетенции, тогда как запуск модели (прогон) может выполнять любой пользователь. Учитывая необходимость совместной работы пользователей, в программном комплексе установлена единая база данных, и он построен по принципу сервис-ориентированной архитектуры. Корректное сохранение данных обеспечивается специальным сервисом, являющимся промежуточным звеном между базой данных и клиентом (пользователем). Моделирование выполняется при помощи сервиса моделирования. Выделение специального 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 размеры, 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 рисунке 1 представлены результаты ввода разбивки судна на строительные единицы (СЕ) и автоматически сгенерированное дерево формирования корпуса судна.

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

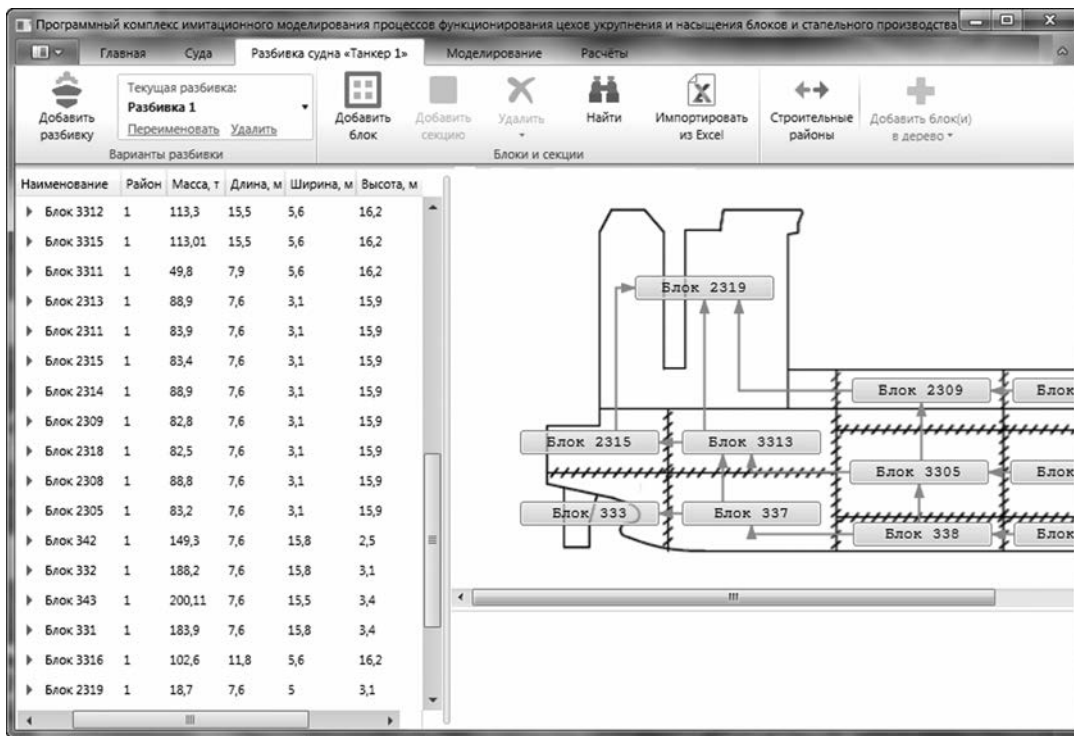


Рис. 1. Разбивка судна на строительные единицы

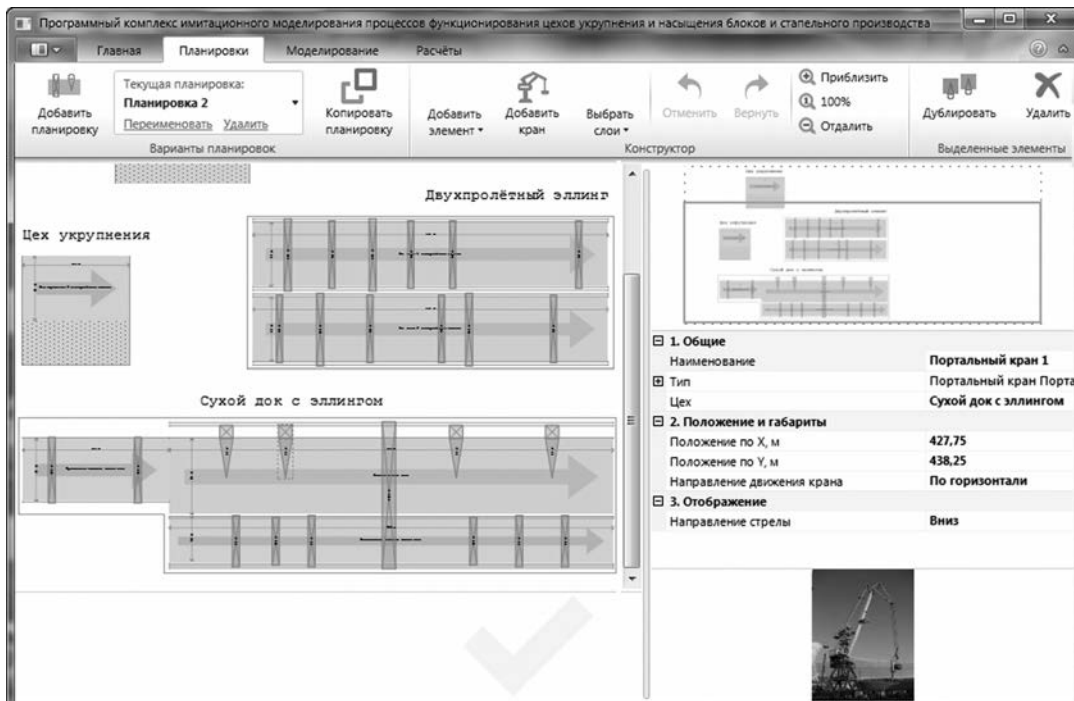


Рис. 2. Планировка производственной системы

М. В. Федотов, В. В. Десятков, М. А. Долматов, В. А. Коренько, А. М. Плотников

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 верфей.

### 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 стальных нитках, доступности и характеристик кранового и транспортного оборудования.

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

- производственная программа;
- разбивка судов и технологии их строительства;
- планировка стальных 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:

- данные по срокам выполнения производственной программы и диаграмму выполнимости производственной программы — сравнение планируемого срока и полученного в результате моделирования (рис. 4);
- данные по загрузке и использованию площадей производственных участков и стальных;
- оценка использования кранового и транспортного оборудования;
- журнал событий;
- данные по загрузке и использованию площадей производственных участков и стальных.

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 стальных 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 том числе ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта».

Исходными данными для расчета являются:

- производственная программа;
- разбивка судов на СМЕ;
- параметры строительства судов;
- планируемое количество и параметры цехов укрупнения и насыщения блоков и стальных позиций.

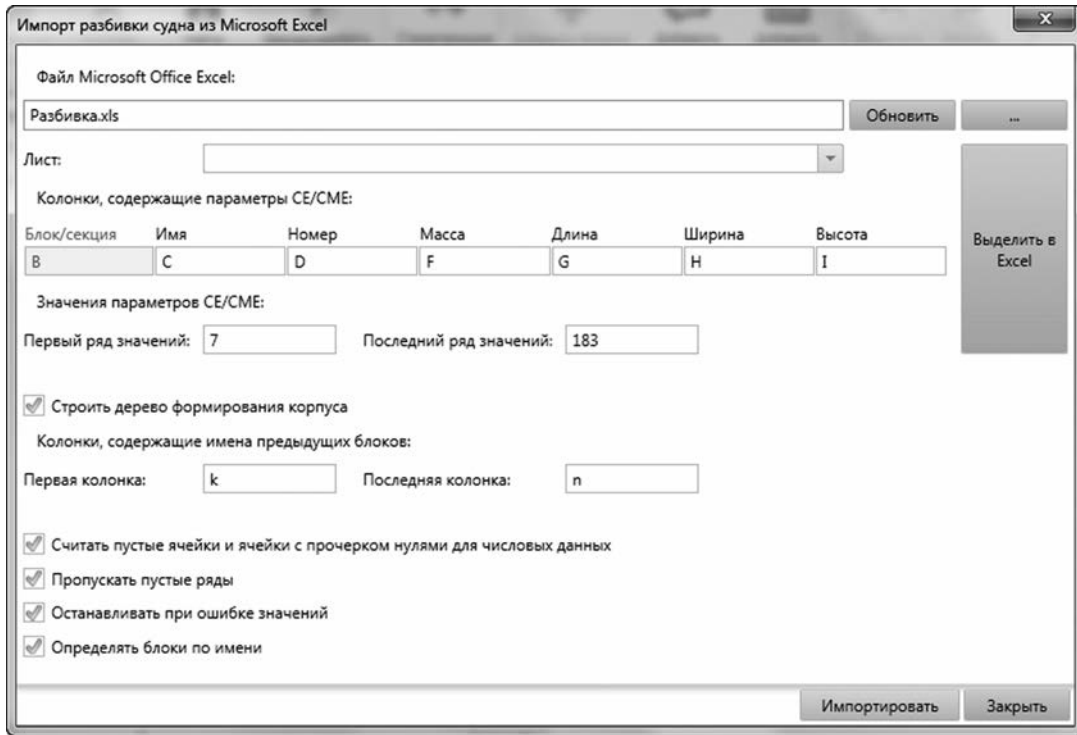
Результатами расчета являются:

- 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», состоящие в определении рекомендуемых параметров цехов



М. В. Федотов, В. В. Девятков, М. А. Долматов, В. А. Коренько, А. М. Плотников

Рис. 3. Импорт параметров разбивки судна

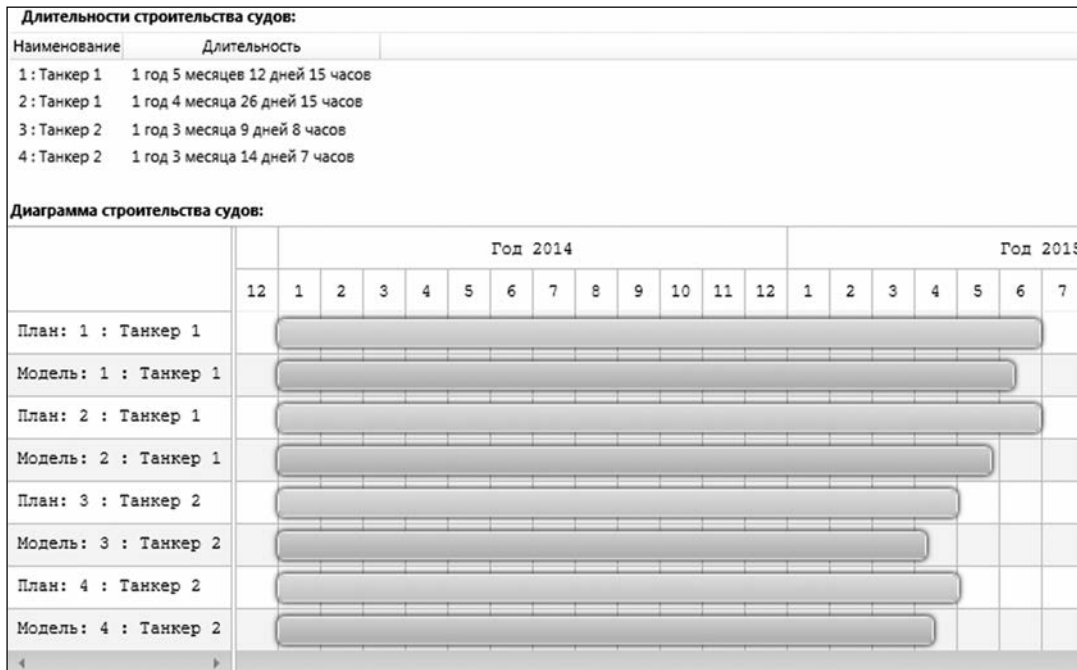


Рис. 4. Сравнение планируемого и модельного сроков

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» [4] производственной системы, препятствующих выполнению производственной программы предприятия, и может подвергать обоснованной экспертизе принимаемые решения [5].

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.

## Список литературы

1. *Девятков В. В.* Руководство пользователя по GPSS World // Пер. с англ. Казань: «Мастер-Лайн», 2002. — 384 с.
2. *Боев В. Д.* Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World. СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 316 с.
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 судостроительных комплексов в составе современных судостроительных верфей // Имитационное моделирование. Теория и практика. ИММОД-2011. Труды конференции. Том 2. СПб.: ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта», 2011. С. 75–79.
4. Национальное общество имитационного моделирования России — начало пути: Интервью Р. М. Юсупова, члена-корреспондента РАН, директора СПИИ РАН // CAD/CAM/CAE Observer (Latvija, Rīga). №2 (70). 2012. С. 10–18.
5. *Девятков В. В., Назмеев М. М., Власов С. А.* Имитационная экспертиза: опыт применения и перспективы // Прикладная информатика. 2014. №1 (49). С. 66–74.

*M. Fedotov, Project Manager, Elina-ComputerLtd, Kazan, vmftov@pochta.ru*

*V. Deviatkov, PhD (Eng.), Director, Elina-ComputerLtd, Kazan, vladimir@elina-computer.ru*

*M. Dolmatov, Ch. Specialist, JSC «Shipbuilding&Shiprepair Technology Center», St. Petersburg, dolmatov@sstc.spb.ru*

*V. Koren'ko, Ch. Specialist, JSC «Shipbuilding&Shiprepair Technology Center», St. Petersburg, dolmatov@sstc.spb.ru*

*Plotnikov, Deputy Head of the IT Department, JSC «Shipbuilding&Shiprepair Technology Center», St. Petersburg, plotnikov@sstc.spb.ru*

## Application of GPSS World simulation system at designing ship-assembly complexes in structure of modern ship-building shipyards

This article describes a software package for the large-block construction of ships technological processes modeling for the possibility determination purpose of the production program and search «bottlenecks». Developed software package designed to create simulation models covering plant enlargement and saturation blocks, slipways production in shipbuilding companies and holding them for complex experiments. The tasks to be solved by using a complex, as well as tools of the initial data, the formation of a simulation model are described. There are ways to specify the experimental conditions provided to the user via the user interface. Some computational problems and conditions that affects on simulation results are rewied.

**Keywords:** simulation, modeling of technological processes, models in shipbuilding.