

**ОПЫТ РАЗРАБОТКИ НА БАЗЕ GPSS WORLD СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
МОДЕЛИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
КОМПЛЕКСОВ И ОЦЕНКИ ВЫПОЛНИМОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОГРАММ ПРЕДПРИЯТИЙ СУДОСТРОЕНИЯ**

**М.А. Долматов, А.М. Плотников (Санкт-Петербург),
М.В. Федотов, Е.А. Нифантьев (Казань)**

Введение

В статье представлено краткое описание разработанной системы моделирования судостроительных производств «Сириус» (приложение для автоматизированной генерации имитационных моделей, их хранения и проведения экспериментов) – АС «Сириус».

Система разработана в рамках НИР «Модель» специалистами ООО «Элина-Компьютер» (Казань) по заказу и с участием специалистов АО «ЦТСС» (Санкт-Петербург). Система является программным инструментом для проведения имитационных исследований процессов функционирования производственных комплексов судостроительных предприятий. Результатом работы системы являются количественные показатели (верифицированные длительности выполнения производственной программы, коэффициенты использования ресурсов предприятия, и т.д.), которые технолог или проектант может использовать для оценки принимаемых проектных решений с точки зрения возможности выполнения производственной программы, проверки загрузки кранового, транспортного и технологического оборудования и производственных площадей, а также для определения других «узких мест».

Система является развитием совместных исследований АО «ЦТСС» и ООО «Элина-Компьютер», выполненных в рамках НИР «Док» и ОКР «Аванпроект-Мортех», результаты которых ранее представлялись на конференциях ИММОД [1,2].

В рамках НИР «Модель», по сравнению с ранее выполненными разработками, в состав имитационных моделей включены все основные виды производств верфи: склад (в т. ч. предварительная обработка металлопроката), корпусообработывающее, сборочно-сварочное, окрасочное, корпусостроительное, механомонтажное, трубозаготовительное и достроечное. При этом механомонтажное и трубозаготовительное производства моделируются на уровне входящего потока сборочных единиц в остальные виды производства, а достроечное производство в объеме достроечной набережной.

Кроме того, значительно расширен состав библиотечных элементов типового оборудования (технологического, кранового и транспортного): добавлены расписания обслуживания оборудования, расширены возможности работы с разбивками изделий, технологиями их строительства, доработан интерфейс импорта/экспорта данных.

Система «Сириус» может функционировать как самостоятельное программное решение, а также как компонент комплексного решения, разрабатываемого в рамках НИР «Модель» с участием СПИИРАН (Санкт-Петербург) и АО «Системная динамика» (Москва). В результате такого симбиоза, существенно повышается качество получаемых результатов моделирования за счет применения методов многокритериального анализа. Моделирующим ядром системы «Сириус» является пакет GPSS World [3,4]. Формирование моделей полностью автоматизировано – введенные пользователем исходные данные преобразуются генератором моделей по

специально написанным алгоритмам в код на языке GPSS World, который исполняется моделирующим ядром. При разработке системы учитывался тот факт, что ей будут пользоваться специалисты судостроительной отрасли (технологи и проектанты), не знакомые с технологиями имитационного моделирования и программирования. В связи с этим при вводе исходных данных в пользовательском интерфейсе системы используется отраслевая терминология, а результаты моделирования преобразуются в понятную для восприятия специалистами форму.

Архитектура

Архитектура и схема взаимосвязей компонентов системы «Сириус» представлена на рисунке 1.

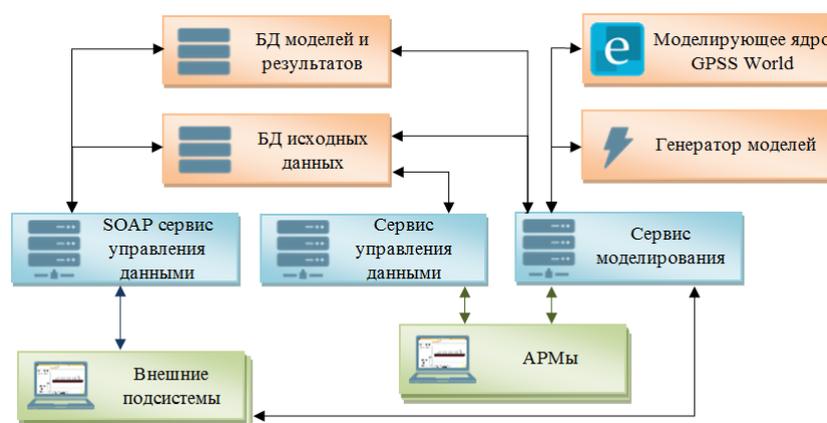


Рис. 1. Архитектура системы моделирования

Для хранения данных используются две реляционные базы данных. В первой хранятся исходные данные предметной области, во второй – имитационные модели и результаты моделирования.

Доступ к данным и функциям моделирования осуществляется посредством специализированных сервисов. Сервисы можно рассматривать как самостоятельные серверные компоненты или как компоненты для встраивания в единую сервис-ориентированную архитектуру более крупного решения.

Сервис управления данными предоставляет функции добавления, обновления и удаления данных и используется автоматизированными рабочими местами (клиентами). При этом передача данных осуществляется по внутреннему протоколу.

Для предоставления данных другим подсистемам имеется SOAP сервис управления данными, который позволяет передавать данные в формате XML по протоколу SOAP.

Для запуска моделирования, контроля исполнения модели и получения результатов, клиенты и внешние подсистемы используют сервис моделирования. В обязанности сервиса входит также проверка корректности и целостности, используемых в модели, исходных данных, генерация имитационной модели, взаимодействие с моделирующим ядром GPSS World.

Исходные данные для моделирования

Система «Сириус» позволяет выполнять разработку и одновременную работу с имитационными моделями нескольких судостроительных предприятий (рисунок 2), в

т.ч. добавлять имитационные модели новых предприятий в БД системы.

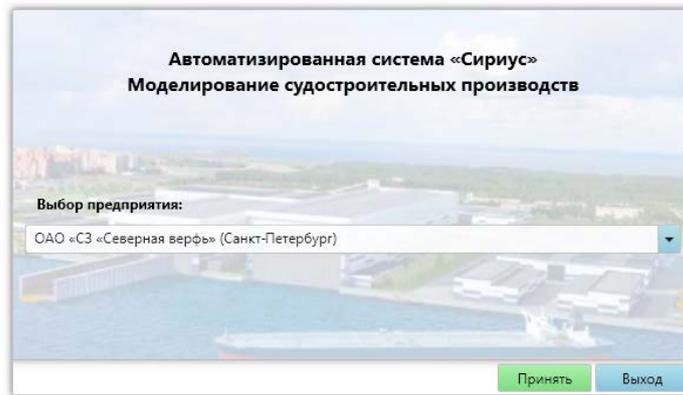


Рис. 2. Окно «Выбор предприятия»

Для удобства работы весь набор исходных данных разделён на взаимосвязанные группы, вводимые независимо, но последовательно. Таким образом, формируется четкая непротиворечивая структура исходных данных. Например, типы изделий (типы судов) являются справочными данными, которые используются в разбивках корпуса на сборочные единицы и производственных программах.

Все исходные данные вводятся в среде пользовательского интерфейса (рисунки 3, 4, 5). Далее приводится описание групп данных.

Производственная программа. Для каждого изделия (заказа) в составе производственной программы указывается планируемый период строительства. Информация о заказах формируется на основе справочника проектов изделий.

Разбивка изделий на сборочные/сборочно-монтажные единицы (СЕ/СМЕ). Для каждого изделия в производственной программе выбирается вариант разбивки и дерево формирования изделия, адаптированные под конкретное предприятие. Разбивка определяет набор СЕ/СМЕ (блоков, блок-секций, секций и оборудования) из которых формируется изделие. Каждая СЕ/СМЕ характеризуется набором специфических параметров (масса, габариты, трудоёмкости выполнения различных технологических операций и т.п.). Дерево формирования изделия определяет последовательность сборки изделия из СЕ/СМЕ. Дерево представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются СЕ/СМЕ, а дуги указывают последовательность операций сборки.

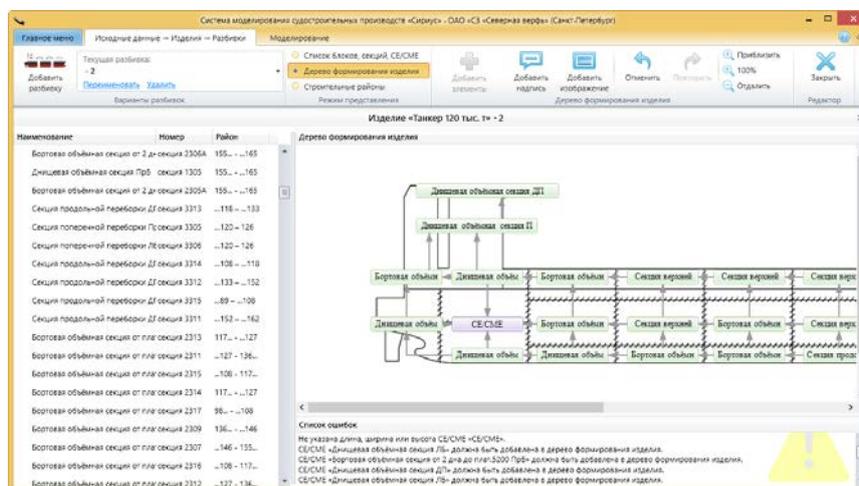


Рис. 3. Окна «Редактор разбивок» (фрагмент интерфейса)

Планировка предприятия. Планировка определяет схему размещения основных производств на плане верфи, размещение участков в рамках отдельных производств, привязку и зоны действия кранового оборудования.

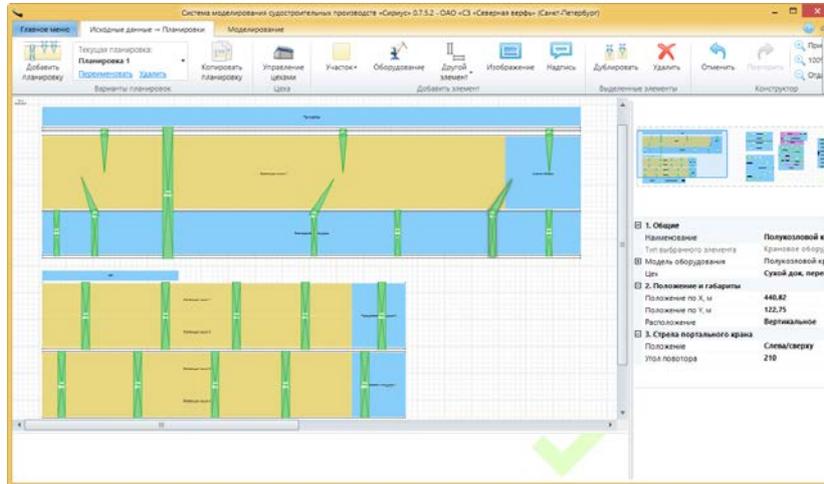


Рис. 4. Окно «Редактор планировок» (фрагмент интерфейса)

Технология строительства изделий. Технология определяет последовательность технологических операций, необходимых для строительства изделий. Технология состоит из двух уровней. Верхний уровень – уровень верфи, описывающий взаимодействие основных производств. Второй уровень – уровень технологий отдельных видов производств. Здесь определяется алгоритм выполнения работ, специфичных для конкретного вида производств. С учётом принятого уровня детализации, технология охватывает весь технологический процесс строительства изделий, начиная от получения металлопроката со склада и заканчивая работами на достроечной набережной. С каждой операцией в технологии может быть связано одно или несколько видов оборудования, которое необходимо задействовать для выполнения операции.

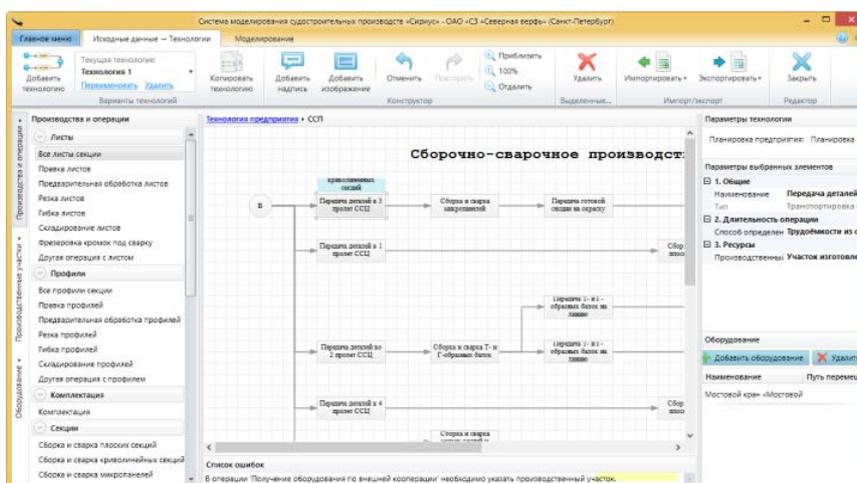


Рис. 5. Окно «Редактор технологий» (фрагмент интерфейса)

Расписание работы предприятия, определяющее количество рабочих дней, количество смен и их продолжительность, список нерабочих дней. Расписание можно задать как для всего предприятия в целом, так и каждого участка в отдельности.

Расписание обслуживания оборудования, задающее график планового ремонта оборудования, размещённого на планировке.

Расписание поставок СЕ/СМЕ, определяющее даты и вероятности срывов поставок строительных единиц заказов производственной программы, получаемых по внешней кооперации.

Часть данных может быть экспортирована из Microsoft Excel.

Моделирование и результаты

После ввода всех необходимых данных, пользователь может запустить процесс моделирования. С моделью может быть проведен как одиночный эксперимент, так и серия экспериментов.

По окончании моделирования программа предоставляет пользователю следующие результаты:

- данные по срокам выполнения производственной программы и диаграмму выполнимости производственной программы – сравнение планируемого срока и полученного в результате моделирования;
- данные по загрузке и использованию производственных площадей;
- данные по загрузке и использованию кранового, транспортного и технологического оборудования;
- сводные графики результатов (при проведении серии экспериментов);
- 2D анимация технологического процесса строительства изделий;
- журнал событий.

До конца 2015 года запланировано проведение комплекса экспериментов с использованием АС «Сириус» по оценке разработанных АО «ЦТСС» проектов модернизации предприятий АО «СЗ «Северная верфь» и ООО «БЗ-Судостроение».

Заключение

Разработанная АС «Сириус» является универсальным и масштабируемым решением. Система может быть использована 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 использование разработанной системы может быть целесообразным при оценке выполнимости группой предприятий отрасли перспективных производственных программ. Для решения такой задачи необходимо расширение состава укрупненных моделей предприятий в составе системы и формирование БД по изделиям, строительство которых может быть осуществлено на этих предприятиях.

Литература

1. **Долматов М.А., Плотников А.М.** Опыт применения имитационного и комплексного моделирования производственных процессов в судостроении. – Доклад на технической секции «Информационные технологии в судостроении и судоремонте» в рамках международной научно-технической конференции «75 лет на рубеже передовых технологий», Санкт-Петербург, ОАО «ЦТСС», 2014.
2. **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. – Сборник докладов пятой Всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его

применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД-2011 Том 2, Санкт-Петербург, ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта», 2011.

3. **Боев В.Д.** Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World. Учебное пособие // Издательство «БХВ-Петербург», Санкт-Петербург, 2004.
4. Руководство пользователя по GPSS World. Пер. с английского // Издательство «Мастер-Лайн», Казань, 2002.