

**ПРИМЕНЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ GPSS WORLD ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
СУДОСБОРОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ В СОСТАВЕ СОВРЕМЕННЫХ
СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ВЕРФЕЙ**

**В. В. Девятков, М. В. Федотов (Казань),
М. А. Долматов, Д. О. Федотов, Р. С. Нисенбаум (Санкт-Петербург)**

В 2010–2011 гг. ОАО «ЦТСС» (Санкт-Петербург) и компания ООО «Элина-Компьютер» (Казань) в рамках ФЦП «Развитие гражданской морской техники» осуществили совместный проект по созданию имитационного приложения для моделирования процесса функционирования корпусостроительного производства судостроительной верфи. Проект носил характер научно-исследовательской работы, детализация имитационной модели была ограничена уровнем блоков и секций корпуса судна.

Основной задачей имитационного приложения является моделирование работы судостроительного дока и предоставление данных для анализа выполнимости производственной программы. Приложение разработано с учётом терминологии области судостроения. Его пользователями выступают технологи-судостроители, которые в соответствии с поставленной задачей вводят исходные данные и анализируют полученные результаты. Приложение в графической форме отображает длительность постройки судов и отклонения от запланированных сроков.

Среди вспомогательных задач, решаемых приложением, можно выделить:

1) документирование всех событий, возникших в процессе предварительной обработки строительных единиц, их транспортировки, сборки судна на стапеле и открытой набережной;

2) формирование графика размещения судов на построечных местах;

3) поиск «узких» мест судостроительного дока и отслеживание загрузки оборудования и площадок дока (при этом доступны данные по коэффициентам загрузки и времени использования кранового и транспортного оборудования, а также процент среднего и максимального использования производственных площадок дока);

4) асчет трудоёмкости выполнения технологических операций;

5) формирование анимационного ролика процесса строительства судов в доке.

При проведении моделирования и экспериментальных расчётов используются следующие исходные данные:

1) параметры кранового и транспортного оборудования;

2) размеры и взаиморасположение площадок предварительной обработки, стапелей, позиций кранового оборудования;

3) данные по разбивке корпусов судов на строительные острова и строительные единицы, дерево формирования корпуса для каждого судна;

4) алгоритмы сборки судов на стапеле, формируемые технологом;

5) данные по строящимся судам и поставкам сборочных единиц.

Часть исходных данных задается непосредственно числовыми значениями (например, габаритные размеры кранов), а другая часть формируется в виде графиков и схем (например, дерево формирования корпуса судна). Длительность технологических операций задается технологом на основе экспертной оценки и состоит из двух значений – среднего времени их выполнения и возможного отклонения.

Рассмотрим пример использования приложения для моделирования сборки шести судов в доке, включающем две стапельные позиции и площадки предварительного укрупнения и насыщения секций.

Начнём с ввода данных по оборудованию. Всего в доке будет использоваться четыре типа оборудования: два типа козловых кранов, порталный кран и колёсная транспортная тележка. Необходимо отметить, что мы вводим не сами позиции оборудования, а его типы. Таким образом, однократный ввод всех типов оборудования, которые будут использоваться, позволяет избежать дублирования ввода данных в дальнейшем.

После того, как подготовлены типы оборудования, перейдём к формированию дока. Разметка места строительства и выделение площадей для стапельных позиций и вспомогательных производственных площадок осуществляются в специализированном графическом редакторе.

В редакторе каждый тип производственных площадок автоматически выделяется своим цветом и имеет мнемоническое имя. В программе заложен алгоритм полутандемного метода строительства судов, а значит, на каждой стапельной позиции по необходимости может одновременно выполняться постройка до двух судов. Вокруг построочных мест можно установить стены. Редактор поддерживает задание наличия крыши, если речь идёт о крытом эллинге. Крыша может состоять из участков разной высоты, что важно при размещении оборудования.

После того, как в доке определены площадки, необходимо выполнить размещение оборудования. Всё оборудование дока соответствует одному из типов оборудования, введённых ранее. В редакторе оно отображается своим цветом. Для каждого крана, который не является стационарным, можно указать его зону действия, которая соответствует перемещению крана по рельсам. Для тележек указывается путь перемещения в доке. При моделировании эти данные используются для определения возможности перемещения груза и предотвращения столкновений кранов и тележек при работе.

Следующим этапом является ввод типов судов, которые будут строиться в доке. В нашем примере это газовозы для сжиженного природного газа (СПГ) типа Moss водоизмещением 155 и 215 тыс. т и танкер водоизмещением 160 тыс. т. Для каждого судна задаются габаритные размеры, водоизмещение и ряд других вспомогательных параметров. После ввода типов судов их необходимо разбить на строительные единицы (рис. 1).

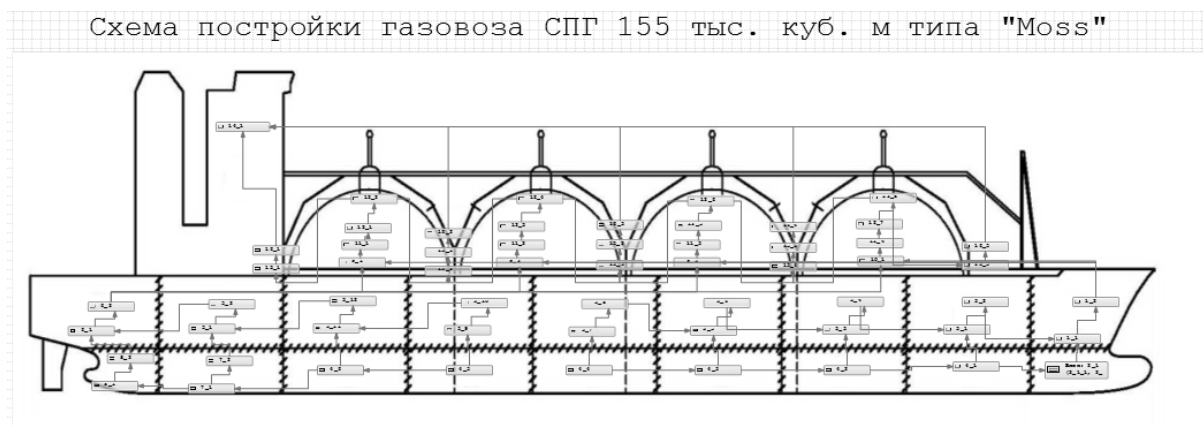


Рис. 1. Разбивка корпуса судна на строительные единицы

Разбивка представляет собой граф. Вершинами графа выступают строительные единицы (СЕ) судна, которые задаются технологом. Между вершинами устанавливаются дуги, которые показывают порядок установки соответствующих СЕ при сборке судна на стапеле. Каждая СЕ характеризуется габаритными размерами, массой и рядом

других характеристик. Редактор разбивки на СЕ поддерживает вспомогательные элементы – изображения и надписи (в том числе заголовки), которые технолог может использовать для документирования разбивки. На рис. 2 представлен пример использования в качестве подложки чертежа судна.

После разбивки судов на СЕ необходимо указать в редакторе строительные районы, которым они принадлежат.

Следующим этапом является формирование производственной программы и расписания поставок СЕ. Производственная программа представляет собой список запланированных к строительству судов с указанием планируемых дат начала и окончания строительства. Расписание поставок – данные по приходу СЕ в док. Они необходимы, потому что программа моделирует работу лишь самого дока и не затрагивает другие производства судостроительного производства. Каждая поставка характеризуется временем прихода в док, вероятностью срыва срока поступления и задержкой срыва. Составить такое расписание сложно, поэтому в программе имеются средства для автоматизации создания расписания на основе производственной программы и разбивки корпуса судов. Такое расписание не будет оптимальным, но может служить отправной точкой при проведении расчетных экспериментов.

После ввода данных предметной области необходимо сформировать алгоритмы постройки судов на стапеле или выбрать их из имеющихся. Алгоритм представляет собой последовательность операций, которые должна пройти та или иная секция судна или само судно в процессе постройки. Пример алгоритма показан на рис. 2.

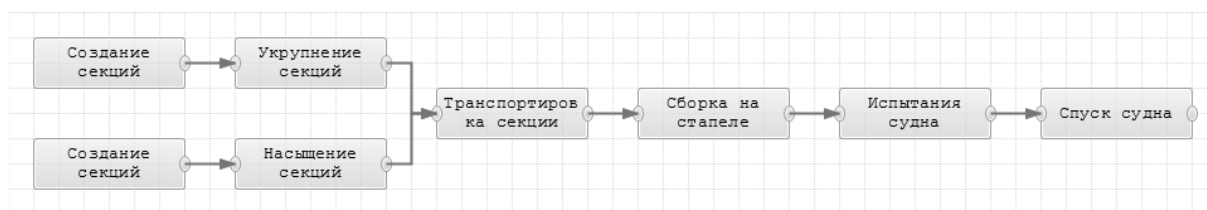


Рис. 2. Алгоритм постройки судна

Технолог может задать несколько потоков секций поступающих на стапель, в зависимости от их степени готовности, насыщенности или места прихода. Для каждого из них может быть указана своя последовательность операций. Обработка и транспортировка секций заканчивается операцией сборки судна на стапеле, после чего уже судно проходит необходимые стадии. В списке операций, доступных технологю: поставка секции, укрупнение, насыщение, транспортировка, сборка судна на стапеле, испытания судна, спуск судна, общая операция. Каждая операция описывается специфическими для неё параметрами и данными по трудоёмкости выполнения работ. Часть параметров задается путем экспертной оценки. Редактор поддерживает вложение, т.е. ряд операций можно сгруппировать в более общую и работать с ними, как с одной операцией. Это удобно, если алгоритм постройки сложен и разветвлён. Кроме того, редактор поддерживает элементы документирования – добавку изображения и поясняющих надписей.

На этом этап ввода данных заканчивается. Далее технолог строит модель, в рамках которой формирует один или несколько экспериментов и выполняет их. Список параметров, доступных для модификации в экспериментах, охватывает большинство исходных данных. После того, как программа выполнит эксперименты, можно приступить к анализу результатов.

Самым показательным является график постройки судов. На нем различными цветами показаны стадии строительства и отклонения от запланированных сроков. На

рис. 3 приведен график постройки судов в доке для описываемого примера. Каждое судно представлено на графике двумя линиями. Верхняя показывает запланированную длительность строительства, которая указана в производственной программе, а нижняя – длительность по результатам моделирования. Результаты моделирования для удобства разделены цветами на моменты прихода первой секции судна в док, постановки судна на стапель, окончания строительства.

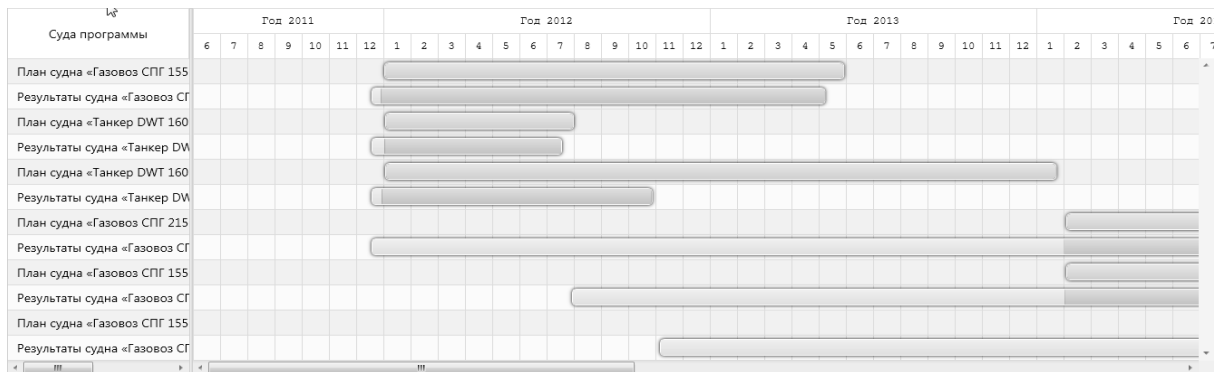


Рис. 3. График постройки судов в доке

По полученным результатам можно сделать вывод о том, что заданная производственная программа может быть выполнена в срок. На основе графика можно судить о том, какие секции пришли слишком рано, что позволяет дать рекомендации по корректировке расписания поставок.

Кроме диаграммы, приложение показывает график расположения корпуса судна на различных строительных площадках в процессе сборки, статистические данные по строительству судов и данные по трудоёмкости операций.

После анализа данных по судам необходимо оценить загрузку оборудования дока. Приложение в табличной форме отображает наибольшее число секций в очереди, коэффициент и среднее время использования каждого экземпляра оборудования дока. Несмотря на то, что в процессе моделирования приложение старается равномерно загружать всё оборудование, это не всегда возможно. Таблица загрузки оборудования позволяет оценить характер его использования (для внесения правки).

Также выводится журнал процесса моделирования. Журнал включает наиболее важные события (и в основном соответствующие технологическим операциям), которые произошли в процессе моделирования. Журнал позволяет детально просмотреть, как проходил процесс сборки всех судов, конкретного судна или отдельно взятой секции.

Технолог может просмотреть анимационный ролик процесса строительства судов, который автоматически формируется по окончании моделирования. Ролик создается на основе событий поступления секций в док, их транспортировки, постановки судна на стапельную позицию, установки секций в корпус и спуска судна.

По результатам серии экспериментов можно оценить изменение времени выполнения программы или влияние отдельного фактора на этот показатель. На рис. 4 представлен график изменения времени выполнения производственной программы в процессе проведения серии экспериментов. Как можно видеть, оптимизация расписания прихода секций в док позволила снизить время выполнения производственной программы.

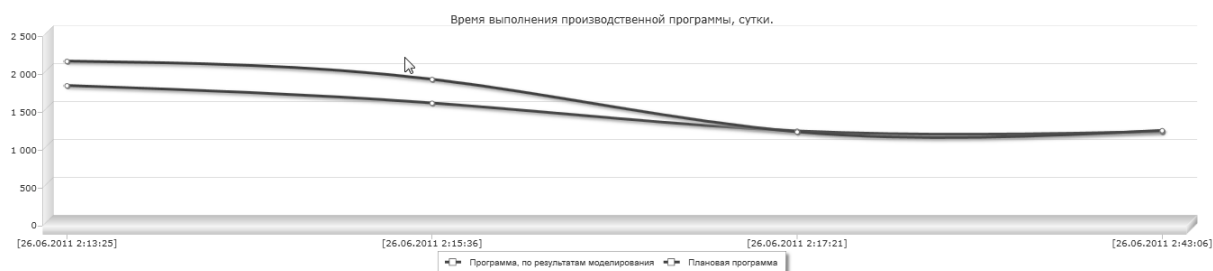


Рис. 4. График выполнения производственной программы (для серии экспериментов)

По завершении работы приложение формирует отчёт в формате Microsoft Word. Отчет включает как исходные данные, так и результаты всех проведённых экспериментов, схемы, диаграммы и графики. На основе полученного отчета можно составить заключение о выполнимости заданной производственной программы.

Созданное приложение, несмотря на невысокую степень детализации описания процессов корпусостроительного производства, является полезным инструментом для технологов на этапе проектирования технологий постройки судов и проверки принимаемы проектных решений, позволяя:

- 1) получить ориентировочные данные по длительности строительства судов;
- 2) оценить влияние различных факторов на длительность выполнения производственной программы;
- 3) оценить загрузку кранового и транспортного оборудования;
- 4) проверить реализуемость производственной программы строительства судов;
- 5) оптимизировать расписание поставок строительных единиц.

Результаты, полученные при создании приложения, будут использованы при разработке проектов реконструкции производственных мощностей предприятий ОАО «ДВЗ «Звезда» (Большой Камень) и ОАО «Адмиралтейские верфи» (о. Котлин), разрабатываемых в настоящее время ОАО «ЦТСС».

Литература

1. Руководство пользователя по GPSS World / Пер. с англ. Казань: Мастер-Лайн, 2002. 383 с.
2. **Боев В. Д.** Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World. Учебное пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2004. 368 с.