

СИСТЕМА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СБОРКИ СУДОВ
НА СТАПЕЛЕ

В.Ф. Мацула (Калининград)

Одним из наиболее важных участков судостроительного предприятия является корпусомонтажный цех, осуществляющий сборку судна на стапеле.

На стапеле судостроительного завода «Янтарь» применяют блочный метод сборки. При этом судно разбивается на крупные объемные части – блоки, которые изготавливаются из отдельных секций и подаются на стапельное место в готовом виде – как бы часть судна, со всех сторон ограниченную конструкциями, образующими замкнутые отсеки или помещения. В готовом блоке выполняют и весь монтаж насыщения. Размеры блоков секций зависят от производственных условий на предприятии и от того, какой транспорт обеспечивает подачу блоков секции на стапельное место.

При блочном способе формирования корпуса начинают с установки базового блока, после чего производят стыкование с ним соседних блоков, одновременно по обеим стенкам. На рис. 1 представлен фрагмент плана-графика сборки нескольких судов на стапеле, применяемый на заводе «Янтарь». Из графика видно, что судно 1 собирается из шести блоков. Начинается сборка с блока 4. Работы с блоком 4 на стапеле длятся пять месяцев. Затем к блоку 4 пристыковываются блок 3 и блок 5. Работы с блоком 3 на стапеле ведутся 2 месяца, с блоком 5 – четыре месяца. Через 3 месяца пристыковывается блок 2. Работы с блоком 2 длятся четыре месяца. В пятом месяце начинается монтаж блока 6 и длится 2 месяца. В девятом месяце начинается монтаж последнего блока и заканчивается в одиннадцатом месяце. Затем год и два месяца выполняются работы на стапеле, после чего судно спускается на воду. Аналогично выглядит график сборки и других судов.

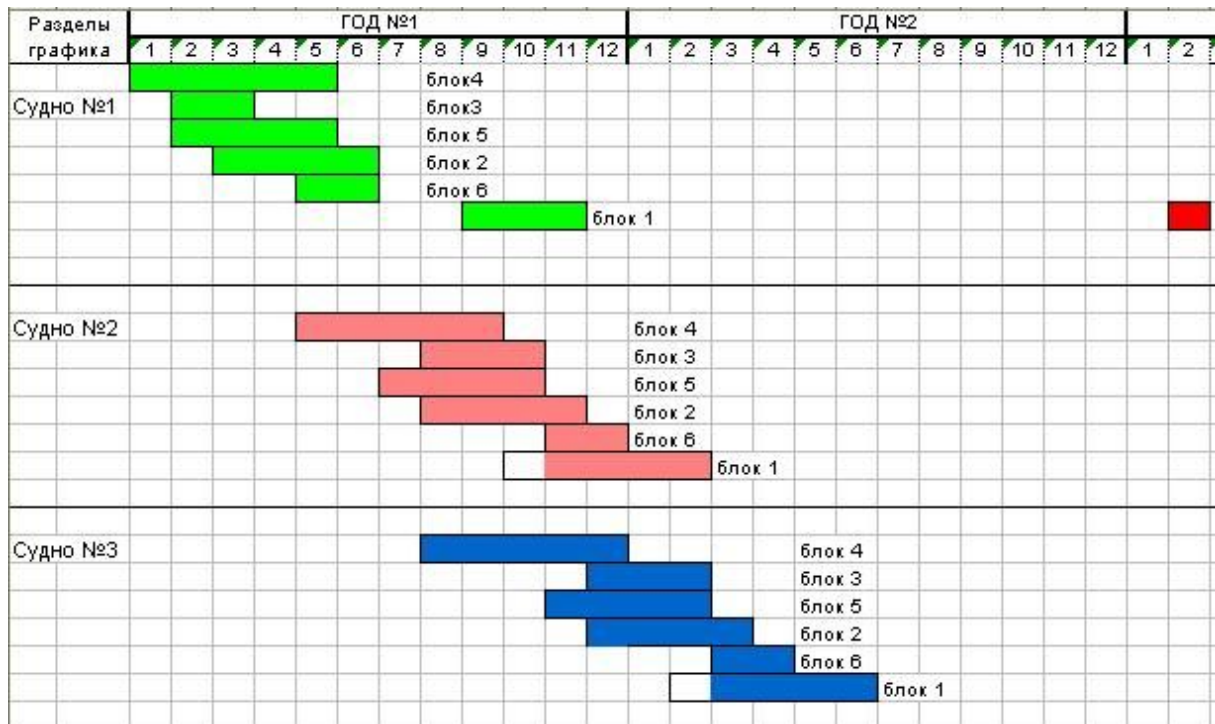


Рис. 1. Фрагмент плана-графика сборки судов на стапеле

На судостроительном заводе «Янтарь» применяется поточно-бригадный метод организации постройки судна. Этот метод заключается в том, что специализированные бригады рабочих после выполнения определенного объема работ переходят с одного судна на другое. При этом методе у бригады нет постоянных рабочих мест.

При организации работ на стапелях необходимо оценивать влияние параметров технологического оборудования на сроки сборки, планировать мероприятия по организации работы сборочных бригад, оценивать возможность и сроки создания отдельных узлов и блоков, определять ожидаемые сроки спуска судов, планировать использование стапеля для сборки других судов (или судов других типов). Особенно важно предвидеть возможность использования стапеля в будущем, чтобы принимать решения о заключении новых договоров на сборку судов или определять возможные сроки их выполнения.

Решать эти задачи можно с использованием имитационного моделирования.

Существуют специализированные программные средства имитационного моделирования в области судостроения, например [1,2]. Однако это очень дорогостоящие решения, и они не все локализованы для применения в России. В нашей стране также ведутся работы по созданию имитационных моделей для исследования процессов сборки судна [3,4]. Однако, несмотря на описанные впечатляющие результаты, рассмотренные системы не всегда могут быть применены для решения локальных задачи из-за высокой стоимости.

В связи с этим актуальной является задача разработки недорогих и простых средств имитационного моделирования и методик их использования для решения локальных задач, ориентированных на реальные проблемы сборки судов на отечественных предприятиях. Этого можно добиться, внедрив имитаторы в среду существующих и уже активно используемых в работе предприятий пакетов программ.

В нашей стране наиболее массовым программным средством, используемым для автоматизации управленческой деятельности, являются программы фирмы 1С [5]. Это популярные продукты семейства «1С:Предприятие 7.7» и «1С:Предприятие 8». Эти программы содержат средства программирования (встроенный язык программирования (язык 1С) и *конфигуратор* для создания *конфигурации*) и средства исполнения конфигурации. Язык 1С является объектно-ориентированным и имеет широкий набор готовых объектов, функций и модулей. Встроенные средства работы с файловой системой, функции сетевой СУБД, возможность подключения внешних модулей, написанных на других языках, делают его эффективным инструментом для разработки различных приложений, как традиционно учетно-управленческих, так и любых других, в том числе и средств моделирования. Так в [6] рассматривается система моделирования GPSS/1С7, встраиваемая в среду «1С:Предприятие 7.7» и позволяющая формировать базу данных для моделирования и выполнять имитацию в единой программной среде.

Система имитационного моделирования сборки судов на стапеле разработана в среде «1С:Предприятие 7.7» с использованием ряда ее объектов.

Для хранения сведений, необходимых для исследования, используются специальные объекты – «справочники».

Справочник *Типы Судов* предназначен для хранения сведений о типах собираемых судов.

Справочник *Суда* хранит сведения о судах, собиравшихся ранее на стапеле, собираемых в настоящее время или планируемых к сборке в будущем.

Справочник *Блоки* содержит сведения о фрагментах корпуса, доставляемых на стапель и пристыковываемых к уже готовой части корпуса судна. Справочник «подчинен» справочнику *Суда*.

Справочник *Секции* предназначен для хранения сведений об элементах, из которых собираются блоки. Справочник «подчинен» справочнику *Блоки*.

Справочник *Узлы* обеспечивает хранение данных о том, из чего собираются секции. Справочник «подчинен» справочнику Секции.

Справочники *РаботыУзел*, *РаботыСекция*, *РаботыБлок* и *РаботыСудно* хранят информацию о работах, которые выполняются при изготовлении узлов, секций, блоков и доводке судна и подчинены соответствующим справочникам. Справочники *РаботыУзел-Ресурсы*, *РаботыСекцияРесурсы*, *РаботыБлокРесурсы* и *РаботыСудноРесурсы* хранят сведения о ресурсах, необходимых для выполнения соответствующих работ.

На рис. 2 представлены фрагменты экранного изображения при работе с некоторыми справочниками.

Для регистрации изменения состояния моделируемого объекта (выполнения работ и наличия ресурсов) используются «документы» и «журналы».

Документ *ВыполнениеРабот* фиксирует работы, которые выполнялись на стапеле в течение минимального интервала времени, рассматриваемого в модели (1 день). Сведения, вводимые в документ с определенной датой, из документа заносятся в справочники для отражения текущего состояния объекта и используются при имитации. Вводимые документы хранятся в журнале *ВыполненияРабот*.

Документ *НаличиеРесурса* регистрирует изменение ситуации, связанной с ресурсом (добавление или удаление ресурса, изменение количества единиц ресурса, занятие или освобождение ресурса) с некоторого момента времени. Вводимые документы хранятся в журнале *НаличиеРесурсов*.

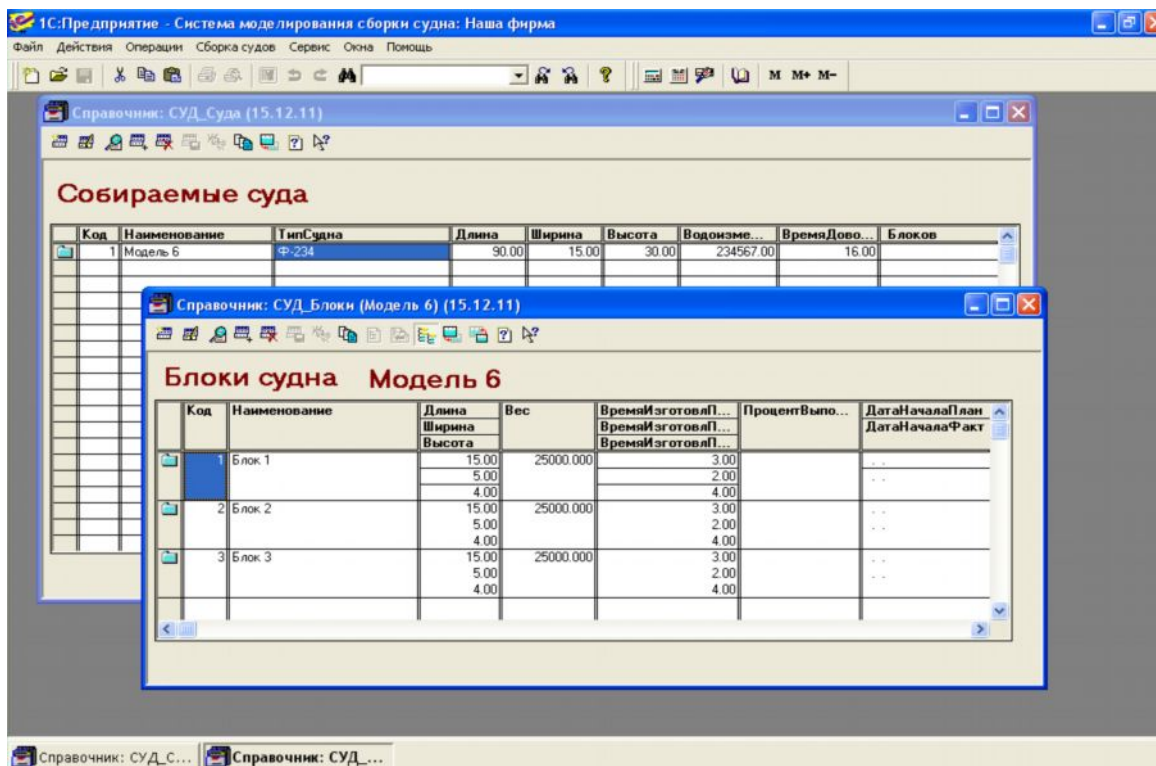


Рис. 2. Экранное изображение при работе со справочниками

Для просмотра сведений о состоянии объекта моделирования используются «отчеты». Отчет *План* позволяет сформировать график планируемых работ на стапеле. Отчет *Факт* позволяет сформировать график фактического состояния работ на стапеле. Отчет *ПланФакт* позволяет сформировать график соотношения планового и фактического состояния работ на стапеле.

Для подготовки и исполнения имитационного моделирования используются «обработки».

Обработка *Моделирование* предназначена для выполнения действий с имитационной моделью. Из нее вызываются обработки *ВыполнитьМодель*, *Результаты*, *ПросмотретьМодель*, *СохранитьМодель*. Обработка *ВыполнитьМодель* инициирует имитацию с учетом параметров планирования экспериментов. Обработка *Результаты* обеспечивает вывод полученных при имитации данных в требуемой форме. Обработка *ПросмотретьМодель* позволяет просмотреть исходные данные, использовавшиеся при имитации. Обработка *СохранитьМодель* предназначена для сохранения исходных данных для возможного повторного прогона.

При использовании системы необходимо регулярно заполнять информационную базу, заносая сведения о текущем состоянии ресурсов и работ на стапеле, используя справочники, документы и журналы. Для проверки данных, содержащихся в базе, можно пользоваться отчетами. Актуальность данных, хранящихся в базе, позволит проводить имитацию исходя из сложившейся ситуации.

Имитация выполняется по принципу ΔT с фиксированным шагом 1 день. Отказ от моделирования по принципу планирования событий и использования механизма транзактов (как это предусмотрено в системе GPSS) связан с более простой программной реализацией (в случае ΔT) начала моделирования с ситуации, когда уже используются некоторые ресурсы и выполнены отдельные работы.

Перед началом имитации задается интервал времени (начальная и конечная даты). Система определяет количество моделируемых дней. После запуска имитатором из справочников выбираются хранящиеся там сведения о ситуации на стапеле (наличие ресурсов и закрепление их за работами, степень готовности объектов, очередность выполнения работ и т.п.). Рассчитываются параметры ресурсов, имевшихся на начало моделируемого дня (первый день – дата начала моделирования). Рассчитывается возможность выполнения каждой из запланированных на этот день работ (если для работы, которую нужно было выполнять, имелись все требуемые ресурсы, то ресурсы закрепляются за работой и она считается выполнявшейся в течение дня). Вычисляется оставшееся время выполнения для каждой выполнявшейся работы. Если работа выполнена, то занимаемые ею ресурсы освобождаются. Если выполнены все работы для одного объекта (узла, секции, блока или судна) считается, что объект полностью готов. Затем к начальному времени прибавляется величина шага и расчеты повторяются. Моделирование заканчивается, когда выполнены расчеты для последнего дня из заданного интервала.

Имитация может сопровождаться динамической картинкой, показывающей состояние работ на стапеле, степень готовности объектов и пространство на стапеле, занятое под сборку судна. На рис. 3 представлен пример такого изображения при выполнении моделирования. Верхнее окно отображает исходные данные для моделирования. Нижнее окно содержит стилизованное изображение блоков судна, собираемого на стапеле. Полностью готовые блоки изображены серым цветом, частично готовые – голубым. Внутри изображения блока указывается процент его готовности. Можно вызвать описание состояния работ по блоку (нужно навести указатель мыши на изображение блока и щелкнуть левой кнопкой).

Система разрабатывалась в рамках госбюджетной научно-исследовательской работы, проводившейся в Калининградском государственном техническом университете в контакте с представителями завода «Янтарь». В настоящее время выполняются работы по переводу системы на платформу «1С:Предприятие 8». Разработанные средства требуют экспериментальной проверки на реальных данных совместно с заводом «Янтарь», после чего их можно будет использовать для практического применения.

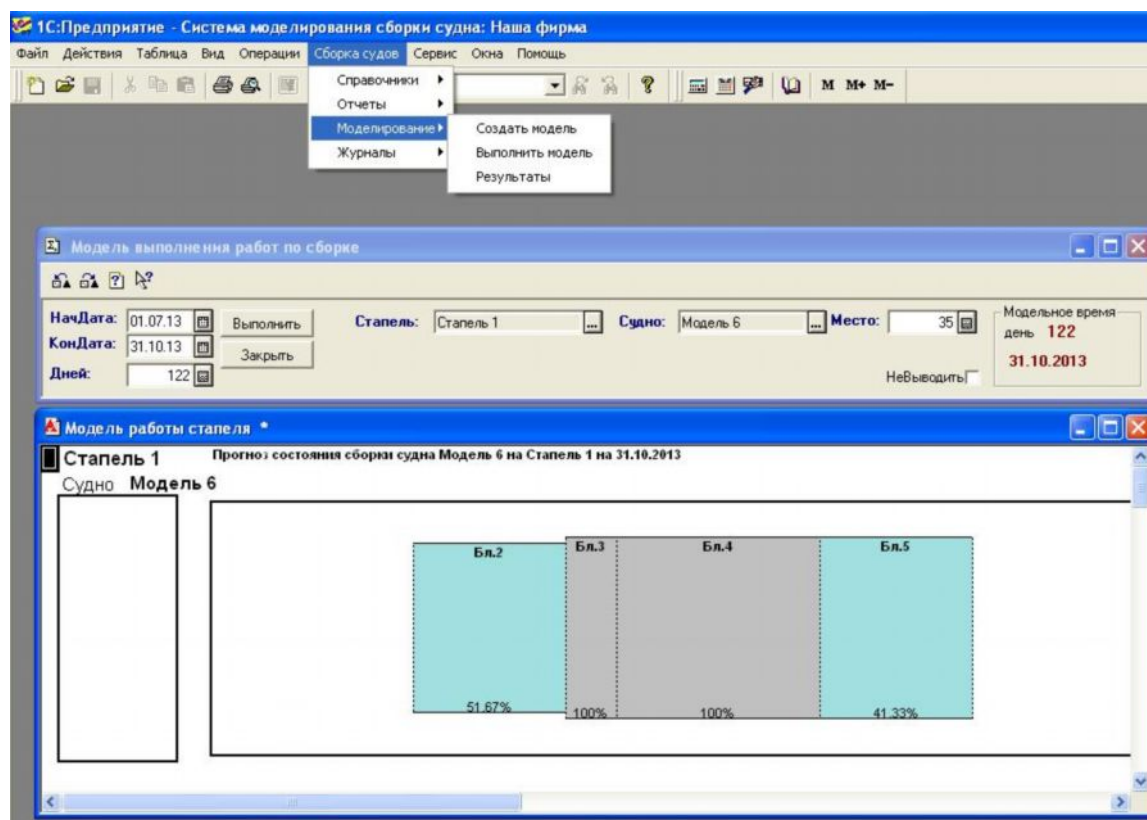


Рис. 3. Экранное изображение процесса моделирования

Литература

1. <http://www.3ds.com/ru/> – сайт фирмы Dassault Systems.
2. <http://www.plm.automation.siemens.com> – сайт фирмы Siemens PLM Software.
3. **Долматов М.А.** Имитационное моделирование как инструмент оценки инженерных решений при разработке проектов развития судостроительных и судоремонтных предприятий России / М.А. Долматов, Р.С. Нисенбаум, А.М. Плотников, Д.О. Федотов // Международная науч.-практ. конф. «Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем» – «ИКМ МТМТС 2011». Труды конференции. – СПб. – 2011. – С. 64–69.
4. **Девятков В.В.** Применение универсальной системы имитационного моделирования GPSS WORLD при проектировании судосборочных комплексов в составе современных судостроительных верфей / В.В. Девятков, М.В. Федотов, М.А. Долматов, Р.С. Нисенбаум // Международная науч.-практ. конф. «Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем» – «ИКМ МТМТС 2011». Труды конференции. – СПб. – 2011. – С. 59–63.
5. <http://www.1c.ru> – официальный сайт фирмы 1C.
6. Система имитационного моделирования GPSS/1C7 / В.Ф. Мацула // Пятая всероссийская науч.-практ. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД 2011). Труды. – СПб. – 2011. – Том II. – С. 340–344.