

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

© 2012 Е.В.Крышень, О.Е.Лаврусъ

Государственный научно-производственный  
ракетно-космический центр "ЦСКБ-Прогресс", г. Самара

Поступила в редакцию 12.08.2012

В статье рассматривается переход от статического моделирования производства, которое не дает полного ответа на многие вопросы, к комплексному (имитационному моделированию) производственных процессов на современных предприятиях машиностроения.

Ключевые слова: имитационное моделирование, метод, модели, процессы, время, испытания.

В современной специальной литературе [1, 2, 3], а так же многими другими авторами рассматриваются на практике и предлагаются решения сложнейших процессов регулирования производства на основе новейших разработок, что в свою очередь снижает трудозатраты и затраты времени и дает возможности «наглядного проигрывания» для принятия верного решения.

Появление новых технологий и разработок значительно позволяет выиграть в качестве и точности исполнения, при этом технологические процессы становятся более простыми, а экономические составляющие гарантируют скорую окупаемость за счет снижения себестоимости продукции.

В настоящее время, большое внимание в производстве уделяется совершенствованию оборудования, но по существу, автономная производительность оборудования и его совершенство не учитывают размер партий, затраты времени на передачу деталей между станками. Наиболее значительные затраты в технологической цепочке приходятся на производство. Статическое моделирование не дает полного ответа на многие вопросы, выход из такой ситуации – переход к комплексному (имитационному моделированию) производственных процессов, созданию модели.

Такую модель можно «проиграть» во времени как для одного испытания, так и заданного их множества. Обычно имитационные модели строятся для поиска оптимального решения в условиях ограничения по ресурсам, когда другие математические модели оказываются слишком сложными. Моделирование производствен-

ной системы применяется, когда проведение экспериментов с реальной системой невозможно или нецелесообразно. Имитационное моделирование производственных процессов связывает все сферы производства изделия: разработку производственного процесса, моделирование производственного процесса и технологическую подготовку производства, а также управление производством. По результатам такого моделирования должны быть регламентированы параметры перемещения заготовок и деталей. Результаты имитационного моделирования не «вычисляются по формулам», как это имеет место при применении аналитических моделей, а являются продуктом статистической обработки данных, наблюдаемых и фиксируемых в процессе обработки моделирующей программы. Имитационная модель, как объект измерений, в отличие от реальных систем является полнодоступной системой.

В любом исследовании, связанном с применением имитационного моделирования можно выделить следующие этапы:

1. Разработка абстрактной модели;
2. Реализация модели с использованием программного продукта;
3. Анализ модели;
4. Проведение экспериментов с работающей моделью;
5. Оценка результатов.

Объектом моделирования могут выступать промышленные, логистические, транспортные и другие системы. Моделирование производственных систем позволяет:

- заранее обнаружить и устранить проблемы, которые проявятся на этапе пуско-наладки и потребовали бы финансовых и временных затрат;
- снизить инвестиции в производство при тех же параметрах производительности;
- провести оптимизацию производства и выбрать наиболее рациональное решение из множества вариантов.

*Крышень Евгений Валерьевич, заместитель начальника производственного центра финансовой ответственности (литейно-механическое производство)  
E-mail: kev131178@mail.ru; mr.kryshen@mail.ru  
Лаврусъ Ольга Евгеньевна, доктор технических наук, доцент кафедры "Высшая математика" СамГУПС*

Имитационная модель производственных процессов можно изобразить в виде модели «черного ящика». Такая форма модели применяется на этапе планирования и реализации численных экспериментов с моделью. На выходе получаем данные о количестве изготовленных деталей, времени выпуска продукции, а также данные о загрузке оборудования. Метод имитационного моделирования позволяет имитировать выполнение процесса так, как оно происходило бы в действительности, но в режиме ускоренного времени. В производственном процессе практически всегда возникают задержки, связанные с тем, что поступает более приоритетная задача, необходимые сотрудники заняты, или необеспечены вовремя поставки материалов.

Рассмотрим моделирование производственного процесса на участке механического цеха, на котором произведена модернизация оборудования и установлено 6 токарно-фрезерных обрабатывающих центров. Предположим, что на участке изготавливаются три типа деталей: корпуса, фланцы, переходники, с годовой производственной программой: 600 деталей, 1300 деталей и 1400

деталей соответственно. Средняя трудоемкость корпусов – 6,6 н-ч, фланцев – 9,8 н-ч, переходников – 5,8 н-ч. Суммарная трудоемкость изготовления деталей – 24820 н-ч. Для выпуска деталей с предложенной годовой производственной программой необходимо 6 единиц токарно-фрезерных обрабатывающих центров, 1 верстак и полировальный станок.

Моделирование производственного процесса произвели с помощью программного продукта Tecnomatix Plant Simulation. Данный программный продукт позволяет управлять как производством деталей, так и сборочных единиц. Функционал пакета позволяет осуществлять следующие действия:

- задавать и проверять последовательность сборки изделия;
- моделировать определенные операции и потоки материалов для оптимизации производственных процессов;
- задавать время на выполнение каждой операции;
- проверять производительность линий и ритмичность производственного процесса;
- анализировать стоимость изделия и про-

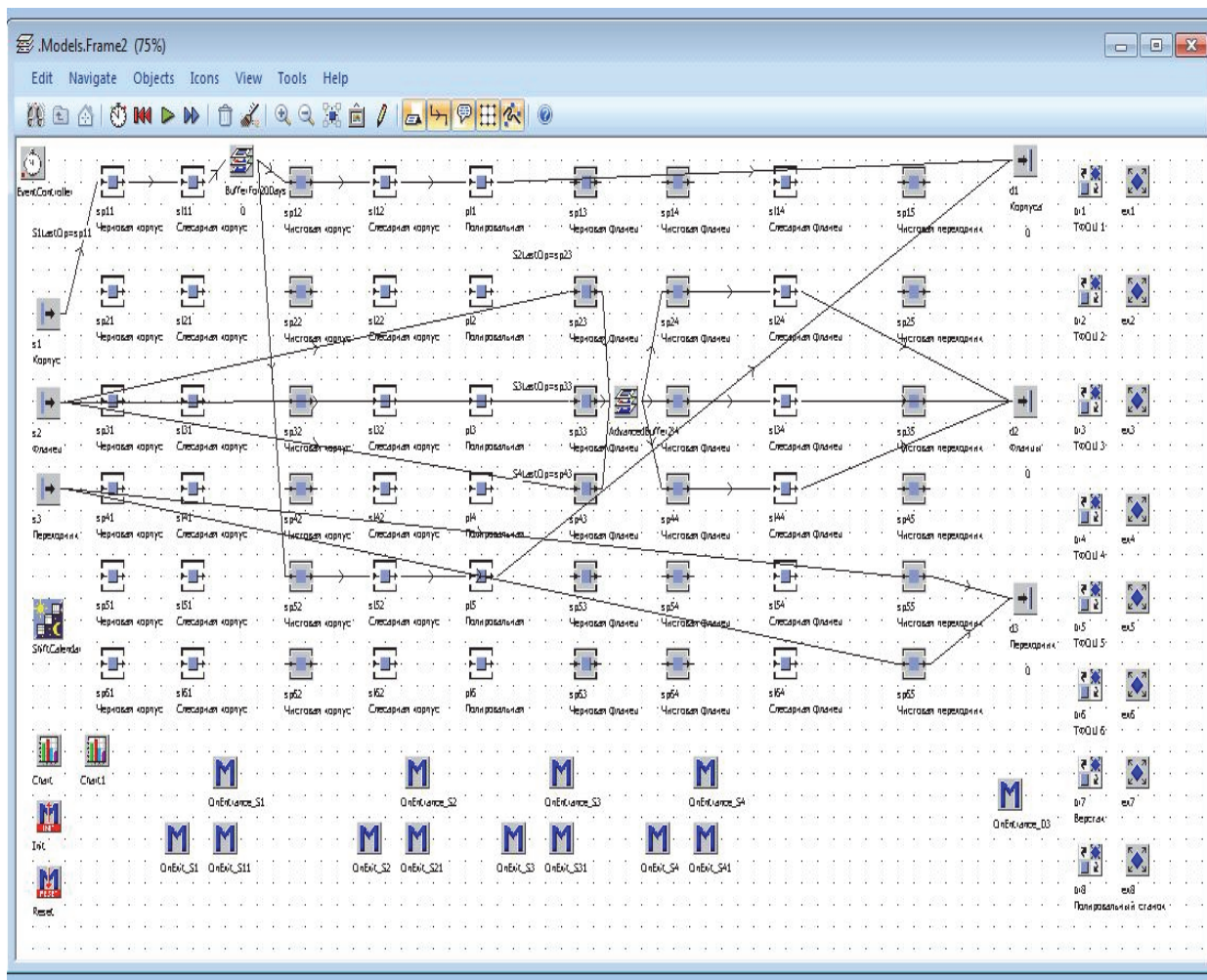


Рис. 1. Фрагмент имитационной модели производственного процесса

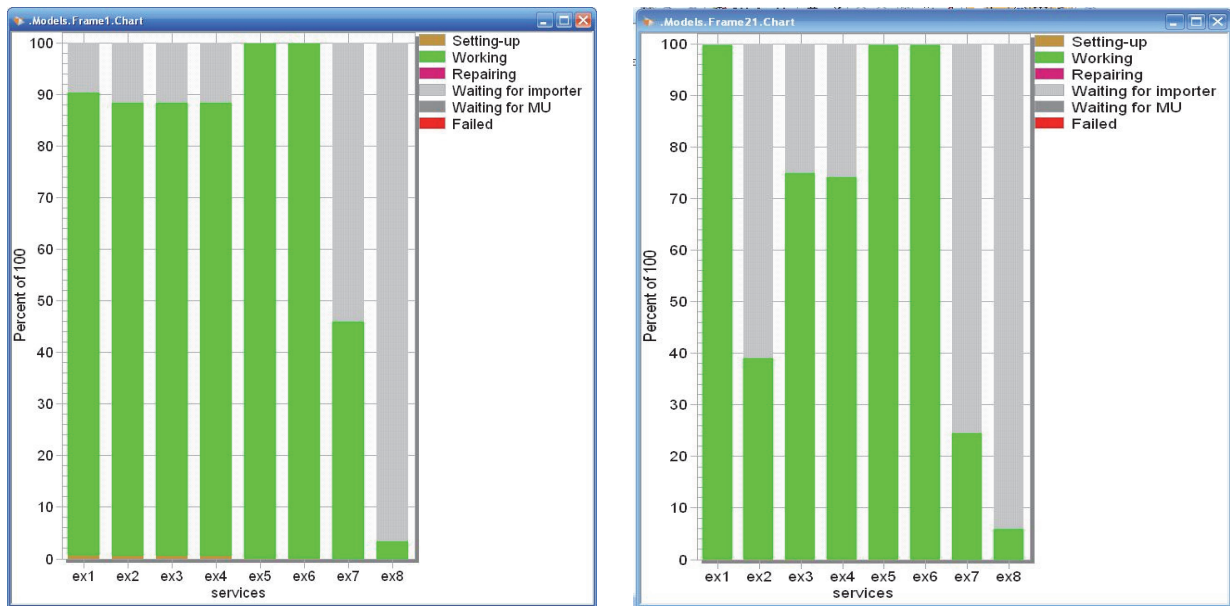


Рис. 2. Диаграммы загрузки по второй и третьей моделям соответственно

изводственные затраты;

- планировать производственную программу на основе имеющихся данных о предприятии;
- получать в режиме реального времени информацию о выполнении производственных процессов и отклонений от планов.

На рис. 1 представлен фрагмент имитационной модели производственного процесса на участке механического цеха, выполненной с помощью пакета Plant Simulation. Элементы SingleProg модели обозначают отдельную операцию технологического процесса. Модули типа М (method) являются программами, написанными разработчиком модели. Создание данных методов решает такие проблемы, как:

- управление материальными потоками;
- статистическая обработка и визуализация данных отдельных событий процесса.

В ходе создания наиболее оптимального варианта работы производственного процесса на участке механического цеха было спроектировано 4 схемы с разными загрузками оборудования и разными передаточными партиями. В результате анализа было выявлено, что выпуск годовой производственной программы по первой схеме закончится к 12 декабря, по второй схеме - к 30 ноября, по третьей схеме - к 25 декабря, по четвертой схеме - к 24 декабря. По второй схеме остается около 9% времени для производства новой продукции.

Программный продукт позволяет вывести диаграммы загрузки оборудования. На рис. 2 представим диаграммы загрузки оборудования по схемам 2 и 3.

По диаграмме загрузки оборудования по второй модели можем видеть, что обрабатывающие центры (ex1-ex6) загружены не менее чем на 90%,

а верстак и полировальный станок недогружены. По третьей модели загрузка второго обрабатывающего центра ниже 40%, т.е. оборудование цеха загружено неравномерно, необходимо догружать оборудование. Это связано с тем, что при изготовлении корпусов и фланцев необходимо проводить термообработку: для корпусов – естественное старение, которое составляет 20 суток, а для фланцев – отжиг – 3 суток. Также по диаграммам можем видеть, что настройка оборудования занимает примерно 1% времени от всего времени работы оборудования.

Из произведенного анализа моделей можем сделать вывод, что наиболее эффективной схемой является вторая модель. По этой схеме выпуск производственной программы закончится к 30 ноября, а так же загрузка обрабатывающих центров наиболее эффективная.

Выпуск годовой производственной программы деталей может быть закончен раньше, если запуск деталей в производство выполнять не по фиксированному значению партии деталей, а по тому количеству деталей, сколько необходимо для сборки одного изделия и так, чтобы готовые детали приходили на сборку точно в срок.

Часто встречается ситуация, когда разрабатываемая система не обеспечивает желаемых характеристик работы. В этом случае необходима оптимизация параметров системы или алгоритма управления. Самый простой метод оптимизации – это проведение симуляции модели при различных исходных данных. Это можно сделать вручную, однако инструмент «Менеджер экспериментов» позволяет автоматизировать этот процесс.

Визуализация является мощным инструментом моделирования. Она важна не только для представления результатов проекта, но и в ходе

работы над моделью, так как позволяет наглядно оценить работу, выявить ошибки в модели и узкие места.

### ВЫВОД

В статье была рассмотрена двухмерная модель производственного процесса, но для большей наглядности можно построить трехмерную модель, с помощью которой можно произвести оптимизацию размещения оборудования на производственных площадях, а так же оптимизировать работу операторов обрабатывающих центров.

Таким образом, с использованием имитационного моделирования можно произвести неограниченное количество экспериментов с различными параметрами. Имитационное моделирование позволяет описать структуру системы и ее процессы в естественном виде, не прибегая к использованию формул и строгих математических зависимостей. Моделирование производственных систем позволяет обнаружить и устранить проблемы, которые проявляются на этапе пуско-наладки и потребовали бы значительных финансовых и временных затрат, а так же позволяют сни-

зить инвестиции в производство при тех же параметрах производительности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пинаева А. Имитационное моделирование: оптимизируем бизнес-процессы URL : <http://www.businessstudio.ru/procedures/business/immodel/> (дата обращения 23.04.2012)
2. Имитационное моделирование / Аверилл М. Лоу, В. Дэвид Кельтон. 2004, 847 с
3. Гурьев Е.К. Имитационное моделирование производственных возможностей предприятий космического машиностроения // Научные чтения памяти К.Э. Циолковского. Секция 9 "К.Э. Циолковский и проблемы космического производства". Калуга, 2004. URL: <http://www.readings.gmik.ru/lecture/2004-IMITATIONNOE-MODELIROVANIIE-PROIZVODSTVENNIH-VOZMOZHNOSTIEY-PREDPRIYATIY-KOSMICHESKOGO-MASHINOSTROENIYA> (дата обращения 22.04.2012)
4. Plant Simulation basics, methods, strategies - PLT101 – Version 9.0.1, 2009.
5. Обзор продукта «Tecnomatix Plant Simulation» URL: [http://www.plm.automation.siemens.com/ru\\_ru/products/tecnomatix/plant\\_design/plant\\_simulation.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/products/tecnomatix/plant_design/plant_simulation.shtml) (дата обращения 25.04.2012).

## SIMULATION OF MANUFACTURING PROCESSES

© 2012 E.V. Kryshen, O.E. Lavrus

State Research and Production Space-Rocket Center "TsSKB-Progress", Samara

This article discusses the transition from a static model of production that does not give a complete answer to many questions to the complex (simulation) of production processes in modern machine-building enterprises.

Keywords: simulation, method, models, processes, time, test.