

## УДК 658.5.012.1

# СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Анна Александровна Приходько

*Студентка 6 курса,*

*Кафедра «Технология машиностроения»*

*Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э.Баумана*

*Научный руководитель: Усачев Ю.И.,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения».*

В настоящее время, для определения основных параметров и оценки функционирования, технических и технологических комплексов машиностроительного производства применяют различные методы моделирования и модели: аналитические, сетевые и имитационные [1,2]. Каждая из них имеет свои достоинства и недостатки.

К достоинствам первых относится простота реализации, позволяющая определять технологические параметры комплексов «вручную» по несложным алгоритмам. Недостатком этих моделей является трудоемкость выполнения и анализа многовариантных расчетов. Системы массового обслуживания с использованием сетевых моделей позволяют не только определить характеристики групп взаимозаменяемого оборудования, но и вычислять такие параметры, как продолжительность производственного цикла, производительность работы проектируемого участка, характеристику незавершенного производства, длину очереди обрабатываемой продукции, характеристику и параметры складской системы. Кроме указанных достоинств сетевых моделей можно отметить на простоту реализации автоматизированного расчета с применением офисного приложения MS Excel и Mathcad. К основному недостатку таких моделей относится необходимость представления потока деталей в виде экспоненциальных однородных сетей, что не всегда соответствует реальным условиям производства.

Для моделирования дискретных процессов в современной практике все более широкое применение находят системы имитационного моделирования, с использованием специальных инструментальных средств которых может быть решена задача нахождения оценки математического ожидания какого-либо параметра моделируемой системы при заданном времени ее функционирования. К таким параметрам можно отнести время цикла обработки заданной совокупности деталей, производительность функционирования производственной системы или комплекса, объем межоперационных накопителей и другие. Известно, что математическая модель, являясь абстрактным образом моделируемого объекта или процесса, не может быть его полным аналогом [3...7]. При этом для достижения цели исследования достаточно достигнуть адекватности модели и объекта для тех элементов или параметров, которые задаются при выполнении процесса моделирования.

Имитационное моделирование все чаще применяют в процессе разработки, внедрения и эксплуатации сложных технических систем. Для этих целей разработано значительное число программных продуктов таких как GPSS World, AnyLogic, Tecnomatix Plant Simulation, Arena, Repast и др. Каждый из них характеризуется используемым языком программирования и ОС, наличием графического языка моделирования и трехмерных возможностей, доступностью учебных, в том числе веб-ориентированных версий, ценой.

Анализ существующих программных продуктов имитационного моделирования, проведенный различными авторами позволил им не только сравнить результаты моделирования с использованием альтернативных систем, но и сделать вывод, что необходимым условием оценки возможностей разрабатываемых систем моделирования является их способность

воспроизводить модели одинаковых процессов с не меньшей эффективностью, чем это можно выполнить с помощью GPSS World. Это, очевидно, связано с тем, что эффективность (точность и достоверность) получаемых результатов GPSS World подтверждена многолетней практикой использования при проектировании, создании и эксплуатации сложных систем. Этим требованиям в наибольшей степени отвечают системы моделирования AnyLogic [3] и Tecnomatix Plant Simulation [5].

AnyLogic – многофункциональная программа имитационного моделирования сложных систем и процессов, разработанная российской компанией «Экс Джей Текнолоджис» (англ. XJ Technologies), позволяющая совершать моделирование в таких областях как: логистика и цепочки поставок; склад и перевозки; рынок и конкуренция; здравоохранение; производство; аэропорт, вокзалы, ТЦ; бизнес процессы; финансы и управление активами; оборона; железные дороги и др. AnyLogic поддерживает анимацию и интерактивный графический интерфейс модели. Редактор представляет большой набор элементов управления, возможность импорта растровой и векторной графики. Также присутствует библиотека 3D визуализации имитационных моделей, при этом от пользователя не требуется изменять логику поведения уже готовой 2D модели. Главное, использование библиотеки не требует от пользователя каких-либо знаний в области 3D программирования.

AnyLogic поддерживает все три известных метода моделирования:

- системная динамика;
- дискретно-событийное (процессное) моделирование;
- агентное моделирование.

Это наиболее важно при решении задач моделирования технологических процессов и систем, в частности, автоматизированных участков механосборочного производства. Для исследования процесса изготовления предметов производства AnyLogic предоставляет пользователю возможность провести следующие эксперименты: простой эксперимент; оптимизация; варьирование переменных; сравнение прогонов; Монте-Карло; анализ чувствительности; калибровка; нестандартный.

Последние пять экспериментов доступны только в AnyLogic Professional. Однако ограничения по функционалу в студенческой версии Personal Learning Edition (PLE), предоставляемой для использования программы в учебных целях, не препятствуют решению технологических оптимизационных задач. Наличие большого количества учебно-методического материала на сайте производителя позволяет достаточно быстро освоить данный программный продукт. Однако универсальность продукта, наличие большого количества функций усложняет процесс разработки моделей специального назначения, требуя создания базы типовых решений для необходимых задач проектирования.

Tecnomatix Plant Simulation предоставляет специализированные решения для таких отраслей промышленности как: автомобилестроение, авиационно-космическая и оборонная промышленность, машиностроение, высокие технологии и электроника. Программа предназначена для оптимизации материалопотоков, загрузки ресурсов, логистики и метода управления для всех уровней планирования от целого производства и сети производств до отдельных линий, участков, операций. Tecnomatix Plant Simulation представляет собой визуальную объектно-ориентированную среду для построения имитационных моделей широкого класса систем с возможностью анимации состояния объектов в процессе моделирования, что обеспечивает наглядность для решения инженерных задач. Дополнительной возможностью является 3D визуализация, при этом работа и перемещение трехмерных объектов управляется событиями, генерируемыми двумерной моделью.

Для решения задач моделирования технологических процессов на сайте фирмы Siemens представлена бесплатная студенческая версия с ограниченным функционалом, позволяющая выполнять домашние задания и лабораторные работы. Освоение начальных этапов моделирования Tecnomatix Plant Simulation, как показала практика его применения на кафедре «Технология машиностроения» МГТУ им. Н.Э. Баумана, проходит за одно четырехчасовое

занятие, благодаря использованию учебно-методических материалов, разработанных на кафедре. Программа удобна ввиду специализации, наглядности, широкого набора инструментов и оптимизации получаемой модели.

Ниже приведен пример решения типовой задачи с использованием двух программных продуктов: Tecnomatix Plant Simulation, AnyLogic.

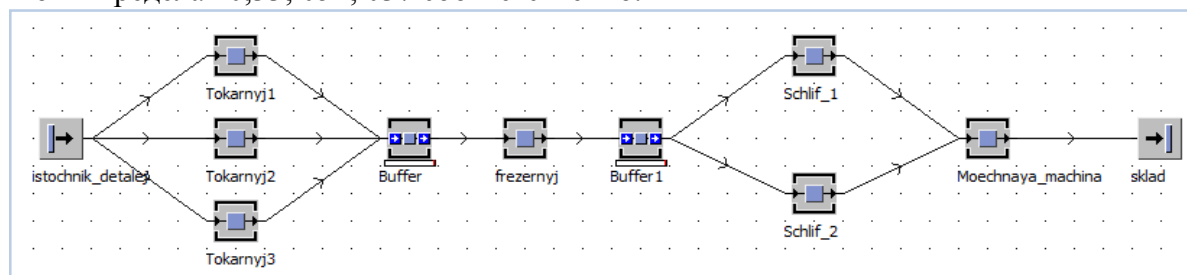
**Условие задачи.** Для проектируемого автоматизированного участка, на котором обрабатываются восемь наименований деталей с использованием трех групп взаимозаменяемого оборудования определить основные параметры работы комплекса, в частности, процентное соотношение времени работы, блокировки, ожидания станков при различных объемах межоперационных накопителей. В состав оборудования включены токарные станки (I группа), фрезерные (II группа), шлифовальные (III группа). Исходные данные по технологическим маршрутам, трудоемкости, периоду запуска каждого наименования деталей приведены в таблице 1. Значения размеров партии деталей и подготовительно-заключительного времени приняты одинаковыми для всех обрабатываемых деталей.

Применение аналитических моделей позволило установить основные технологические параметры проектируемого участка. Количество оборудования по группам составляет: I группа – 3 станка; II группа - 1 станок; III группа – 2 станка со средним коэффициентом загрузки для каждой группы 0,79; 077; 073.

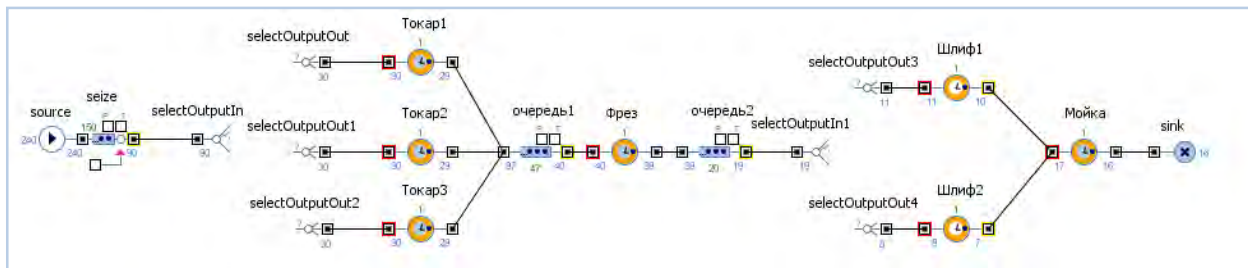
Таблица 1 – Исходные данные

Наименование детали	Время, период запуска, час.	Группа оборудования			Размер партии, шт; Тп-з,мин
		I	II	III	
		Тш, мин	Тш, мин	Тш, мин	
Кольцо	20	50,2		18,6	Размер партии 30 Тп-з,мин 40
Диск1	85	10,2	44	4,5	
Фланец	45	33,2		22,2	
Крышка	100		34,5		
Обойма	120	43	26,5	30,4	
Диск2	60	23,4		18,2	
Втулка	105	22,4	48	14,6	
Крышка1	55	21,2		42,2	
Примечание. Тш – штучное время обработки деталей на заданной группе оборудования					

Имитационные модели двух программных продуктов приведены на рисунке 1. Следует отметить, что при их построении в состав оборудования дополнительно включена моечная машина. Сравнительные результаты моделирования участка приведены в таблице 1. В процессе выполнения прогонов моделей в основном изменялся объем межоперационного накопителя. Установлено, что работа участка без накопителей обеспечивает загрузку каждой группы станков в пределах 0,33; 052; 037 соответственно.



a)



б)

Рисунок 1. Имитационные модели Tecnomatix Plant Simulation (а), AnyLogic(б)

Таблица 1.Сводная таблица результатов моделирования

<b>Значения, полученные в Tecnomatix Plant Simulation</b>									
Емкость накопителя	Работа %			Блокирован %			Ожидание %		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
50	37,6	58,69	41,8	34,8	0	5,1	20,1	33,9	45,6
<b>Значения, полученные в AnyLogic</b>									
39	37.4	59	41.6	34.3	0	5	18.8	29	45

Анализ полученных результатов функционирования производственного участка для двух программных продуктов при максимальных значениях объемов накопителей, показал, что расхождение времени работы, блокирования и ожидания для каждой группы оборудования отличаются не более чем на 1%. Только для I, II групп в режиме ожидания расхождения достигают 6,5%; 13,5% соответственно. Величина загрузки станков каждой группы значительно меньше значений, полученных при аналитическом моделировании. Это может быть объяснено влиянием неоднородности потока деталей, необходимостью выполнения настройки станков после каждого запуска.

Сравнение процессов моделирования с использованием двух программных продуктов показал, что систему AnyLogic целесообразно применять для анализа функционирования многономенклатурных производств, так как с помощью несложного программного кода можно создать адекватную модель работы производственного участка. При этом отсутствует необходимость проведения специальных экспериментов для определения оптимальных параметров технологического комплекса, в частности, объема межоперационного накопителя. Данная информация выводится в процессе прогона модели при наведении курсора на соответствующие иконки. Для аналогичных условий система Plant Simulation требует заполнения таблицы расписаний обработок для каждого наименования деталей.

Практика применения рассматриваемых программ имитационного моделирования в учебном процессе позволяет сделать следующие выводы.

1. При проведении практических занятий, выполнении лабораторных и домашних работ, не требующих применения программного кода целесообразно использовать программу Tecnomatix Plant Simulation.
2. При разработке баз данных типовых кодов задач имитационного моделирования технологических комплексов, решаемых в курсовых и дипломном проектах, предпочтение следует отдать программе AnyLogic, обеспечивающей получение более полной информации о «поведении» технологического процесса при воздействии различных условий протекания.

## Литература

1. *Асатуров Р. Р., Потяшин Ю. О., Челюканов Н. Ю., Усачев Ю. И.* Имитационное моделирование производственных систем. [Электронный ресурс] // Труды Всероссийской научно-технической конференции «Студенческая весна 2014: Машиностроительные технологии». – М.: МГТУ им. Н.Э Баумана.– № гос. регистрации 0321400749.5.
2. *Усачев Ю.И.* Анализ производительности работы автоматизированных участков // Главный механик. – 2014. - N9. – с. 47-52.
3. *Боев В. Д.* Исследование адекватности GPSS World и AnyLogic при моделировании дискретно-событийных процессов: Монография. — СПб.: ВАС, 2011. — 404 с.
4. *Steffen Bangsow.* Manufacturing Simulation with Plant Simulation and SimTalk Usage and Programming with Examples and Solutions. — Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. - 297 с.
5. Tecnomatix Plant Simulation Basics, Methods and Strategies Student Guide + Code.- Siemens Industry Software, 2012. – 764с.
6. *Медведев В.И.* Имитационное моделирование систем и процессов в системе Tecnomatix Plant Simulation // Четвертая Всероссийская научно-практическая конференция «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД: сб. докладов. - СПб.: ЦТСС, 2009.- с.289-292.
7. *Проничев Н.Д., Смелов В.Г., Кокарева В.В., Малыхин А.Н.* Имитационное моделирование производственной системы механообрабатывающего цеха // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013 - т. 15, №6 (4), с. 937-943.