

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УЧАСТКОВ

Руслан Рубенович Асатуров, Юрий Олегович Потяшин, Николай Юрьевич Челюканов

Студенты 6 курса,

кафедра «Технологии машиностроения»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: Ю.И. Усачев,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии машиностроения»

Производственные участки механосборочных цехов представляют собой сложные системы, состоящие из достаточно большого количества оборудования, имеющего различную организационную структуру. Особый интерес представляют автоматизированные участки, при проектировании которых целесообразно выявить «узкие» места и определить резервы повышения производительности за счет перераспределения грузопотоков и оптимизации технологического процесса. Для предварительного анализа работы автоматизированных участков используются различные виды моделей, к числу которых относятся:

- аналитические;
- сетевые;
- имитационные.

Аналитическая модель включает в себя совокупность математических объектов и отношений между ними. Из-за большой размерности входящих в модель объектов в неё вводят ряд допущений. Это обуславливает приблизительный характер получаемых результатов.

Сетевой моделью называют модель, отражающую комплекс работ и событий, связанных с реализацией некоторого производственного процесса в их логической и технологической последовательности и связи. Сетевые модели используются для предварительной оценки работы производственного участка.

Имитационные модели (англ. simulation models) – один из основных классов математического моделирования. Целью имитаций является максимальное приближение модели к конкретному объекту и достижение максимальной точности его описания.

Применительно к анализу производственных систем и участков имитационное моделирование позволяет на этапе проектирования минимизировать время обработки; увеличить коэффициент использования оборудования; уменьшить объем незавершенного производства.

Рассмотрим решение производственной задачи, реализуемое с помощью программного продукта Tecnomatix Plant Simulation. Имеется автоматизированный участок, на котором обрабатываются детали типа тела вращения шести наименований с заданными значениями оперативного времени. Обработка деталей выполняется на трех группах оборудования (токарная, фрезерная, шлифовальная).

Общее количество станков в системе в соответствии с предварительными расчетами было принято равным четырем (с учетом моечной машины). На основе предварительно разработанной планировки намечена структура участка, размерные связи между соответствующими элементами системы.

Данные по трудоёмкости обработки деталей на этих станках представлены в табл.1.

Таблица 1. Данные по трудоёмкости обработки

Деталь	Станки			Размер партии, шт; Тп-з, мин
	Токарный	Фрезерный	Шлифовальный	
	Тш,мин	Тш,мин	Тш,мин	
Кольцо	21,4	12	29,3	Размер партии, 25 Тп-з, 60
Обойма	15,4	40,5		
Фланец	14,2		17,4	
Крышка	16,8	45,5		
Диск		16,5	34	
Стакан	32		19,2	

Согласно применяемому программному продукту имитационная модель реализуется с использованием блочного принципа, позволяющего всю моделируемую систему разбить на ряд подсистем, связанных между собой обобщенными взаимодействиями и допускающими самостоятельное моделирование с применением своего собственного математического аппарата. Такой подход позволяет также достаточно просто конструировать новые имитационные модели, путем замены отдельных блоков.

В качестве блоков могут выступать склады, накопители, станки и т.д.

Имитационная модель рассматриваемого участка включает в себя следующие блоки:

- источник деталей
- токарный станок
- фрезерный станок
- шлифовальный станок
- моечная машина
- склад готовых изделий

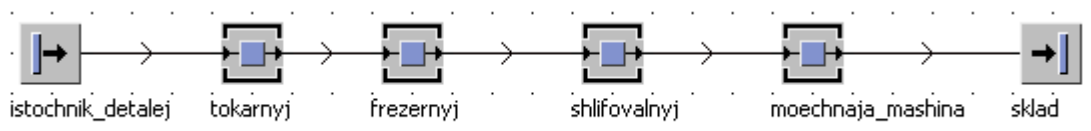


Рис.1. Модель участка механической обработки

Стрелки между отдельными блоками обозначают направление грузопотока.

Результаты моделирования, представленные в интерфейсе программы, приведены в табличной форме на рис. 2 и в виде гистограмм на рис. 3.

Доли состояний во время сбора статистики

Объект	Работа	Переналадка	Ожидание	Блокировка	Остановлен	Отказал	Пауза	Перерыв	Начало сбора статистики	Часть
tokarnyj	43.06%	6.21%	0.50%	50.23%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.0000	
frezernyj	49.40%	6.21%	17.27%	27.12%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.0000	
shlifovalnyj	43.10%	6.21%	50.34%	0.35%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.0000	
moechnaja_mashina	25.89%	0.00%	74.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.0000	

Свойства материалопотока

Объект	Входов	ПО Выходов	Хранил минимум	Хранил максимум	Relative Empty	Relative Full	Относительная занятость без перерывов	Относительная занятость с перерывами
tokarnyj	150	150	0	1	0.50%	-	99.50%	99.50%
frezernyj	150	150	0	1	17.27%	-	82.73%	82.73%
shlifovalnyj	150	150	0	1	50.34%	-	49.66%	49.66%
moechnaja_mashina	150	150	0	1	74.11%	-	25.89%	25.89%

Рис. 2. Окно «Статистический отчет»

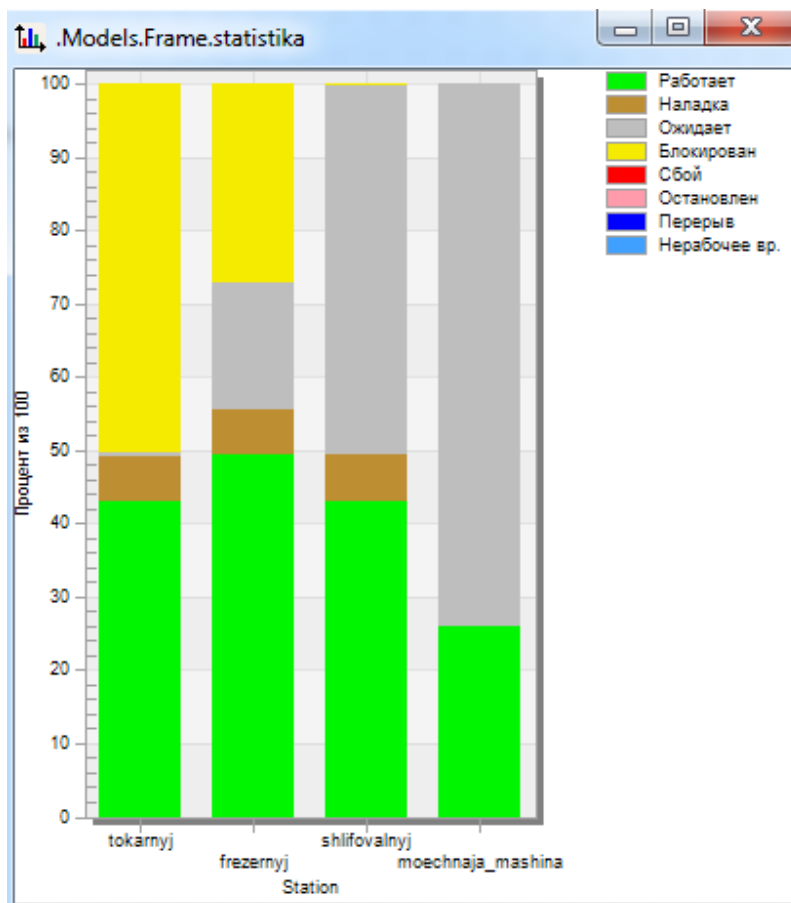


Рис. 3. Графическое представление результатов моделирования

На основании полученных данных можно заключить, что токарный станок находится в работе 43,06% от общего времени моделирования, время его переналадки составляет 6,21 %, время ожидания составляет 0,5 %, время блокировки – 50,23%; фрезерный станок находится в работе 49,40% от общего времени моделирования, время его переналадки составляет 6,21 %, время ожидания составляет 17,27 %, время блокировки – 27,12%.

Часовая производительность работы участка приведена на рис. 4.

Накопленная статистика деталей, уничтоженных стоком

Объект	Работа	Переналадка	Ожидание	Остановлен	Отказал	Пауза	Среднее время жизни	Среднее время выхода	Общая выработка	Выработка в час	Выработка в день
sklad	45.26%	5.22%	49.52%	0.00%	0.00%	0.00%	2:17:48.3200	37:11.7181	15	1.5531166	37.274798

Рис. 4. Производительность участка

Для корректной интерпретации полученных результатов моделирования, определим понятия ожидания, блокировки и простоя:

ожидание – состояние объекта, при котором он не может приступить к работе по причине отсутствия предмета производства (например, ожидание станка при отсутствии детали);

блокировка – состояние объекта, при котором он не может приступить к работе по причине невозможности передачи предмета производства на следующий объект (станок не имеет возможности начать обрабатывать новую деталь, так как уже обработанная на нем деталь еще не передана на следующий станок);

простой = ожидание + блокировка.

Проанализировав гистограмму рис. 3, можно сделать вывод, что для повышения производительности участка необходимо уменьшить время простоев станков. В нашем случае время блокировки станков соизмеримо со временем обработки деталей, для чего целесообразно установить накопители после токарного и фрезерного станков. Это позволит более полно использовать возможности оборудования.

Так как в данном программном продукте реализован блочный принцип построения производственной системы, то добавление в существующую модель новых элементов не осложняет процесса модификации модели.

Оптимизированная модель участка с накопителями представлена на рис. 5.

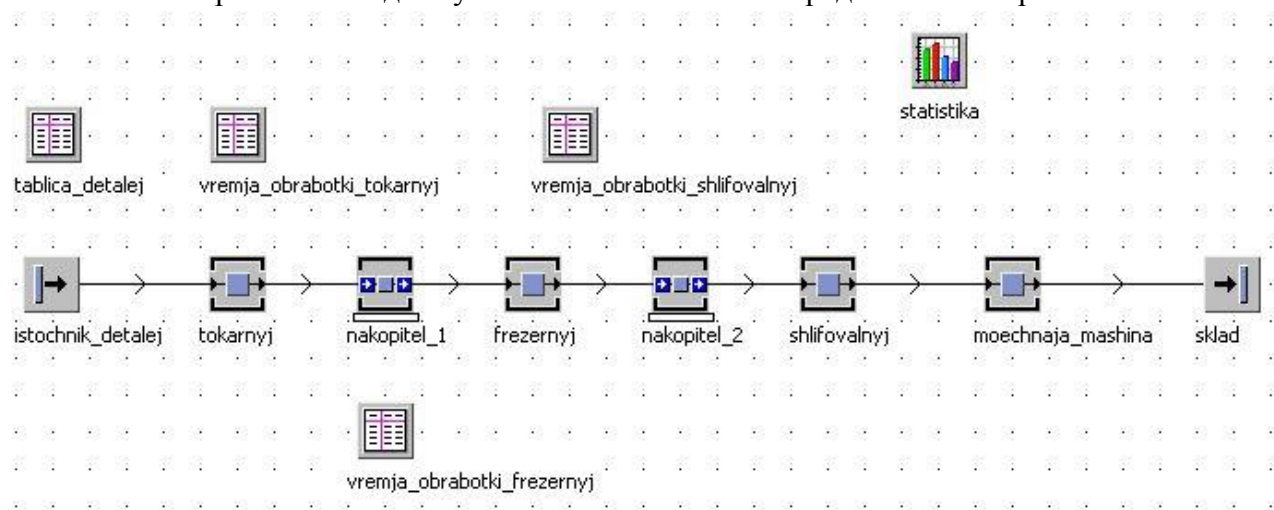


Рис. 5. Оптимизированная модель

Важнейшей характеристикой накопителей является их вместимость. Поэтому установка накопителей приводит к новой задаче – определению их ёмкости. Необходимо найти оптимальный вариант, позволяющий обеспечить сочетание максимальной производительности участка и минимальной площади накопителей.

В работы проведено моделирование работы участка при различных значениях емкости накопителей (5...55шт) с фиксацией времени работы, ожидания и блокирования станков. После каждого цикла моделирования получена статистика состояний объектов во время работы (рис. 6), из которой для анализа выбраны относительное время работы, ожидания и блокировки.

Доли состояний во время сбора статистики

Объект	Работа	Переналадка	Ожидание	Блокировка	Включение/выключение	Отказал	Остановлен	Пауза	Перерыв	Часть
tokarnyj	49.63%	7.16%	1.73%	41.48%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
frezernyj	56.94%	7.16%	5.76%	30.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
shlifovalnyj	49.68%	7.16%	42.16%	0.99%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Рис. 6. Статистика состояний объектов во время работы

Результаты сведены в таблице 3. В столбце «простои» записаны значения, полученные как сумма относительных времен блокировки и ожидания.

Таблица 3. Сводная таблица полученных результатов

Емкость каждого из накопителей, шт.	Работа, %		Блокирован, %		Ожидает, %		Простои, %	
	Токарный	Фрезерный	Токарный	Фрезерный	Токарный	Фрезерный	Токарный	Фрезерный
5	49,63	56,94	41,48	30,13	1,73	5,76	43,21	35,89
10	51,54	59,14	33,05	22,98	7,96	10,44	41,01	33,42
15	52,49	60,22	30,09	19	9,85	13,2	39,94	32,2
20	53,47	61,34	27,02	15,44	11,8	15,5	38,82	30,94
25	54,99	63,09	21,16	9,26	15,91	19,71	37,07	28,97
30	54,99	63,09	17,59	5,51	19,48	23,46	37,07	28,97
35	54,99	63,09	14,06	1,76	23,01	27,21	37,07	28,97
40	54,99	63,09	10,53	0	26,54	28,97	37,07	28,97
45	54,99	63,09	7,01	0	30,06	28,97	37,07	28,97
50	54,99	63,09	2,2	0	34,87	28,97	37,07	28,97
55	54,99	63,09	0	0	37,07	28,97	37,07	28,97

На основании данных таблицы 3 построены графики зависимости времени работы, блокировки, ожидания и простоев от ёмкостей накопителей (рис. 7 и рис. 8).

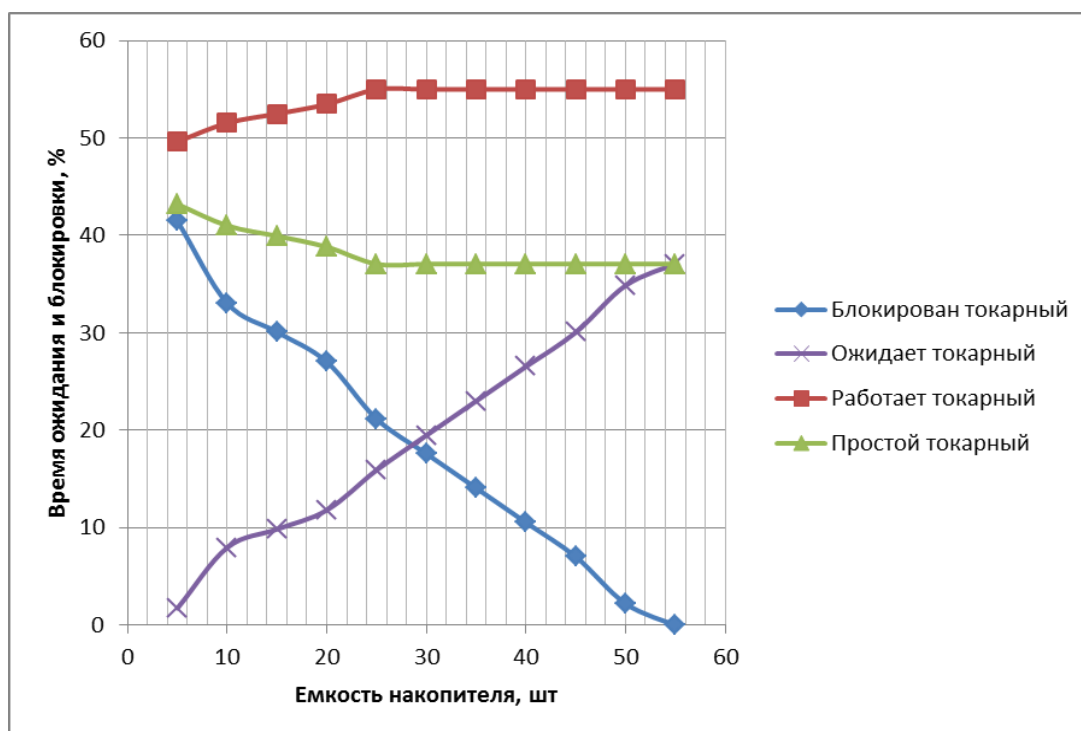


Рис. 7. График зависимости времени ожидания и блокировки токарного станка от емкости накопителя

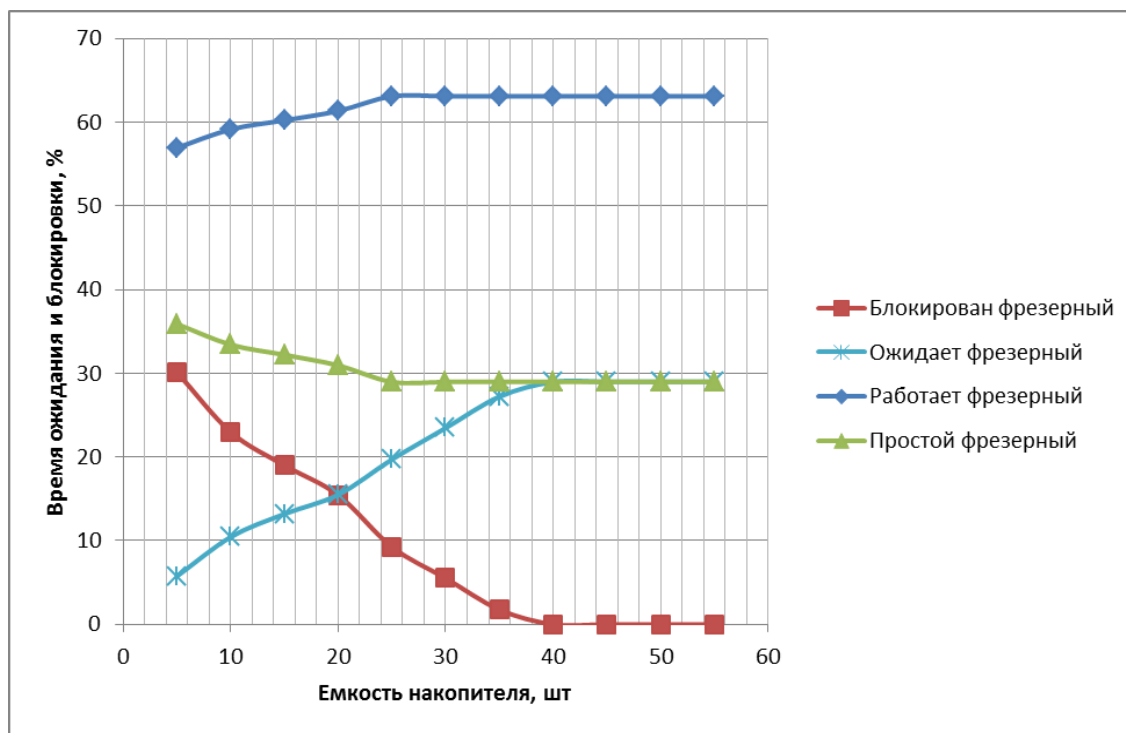


Рис. 8. График зависимости времени ожидания и блокировки фрезерного станка от емкости накопителя

Как видно из рис. 7 и рис. 8, максимальное относительное время работы и минимальное относительное время простоя станков достигается при значении емкостей накопителей в 25 шт. При этом время простоев токарного станка снижается на 14,16%, фрезерного станка – на 15,42%. Производительность участка составила 1,9837 шт/час.

По результатам моделирования можно сделать следующие выводы о работе автоматизированного участка:

- 1) Выявлена необходимость включения накопителей в производственную линию между токарным и фрезерным, фрезерным и шлифовальным станками;
- 2) Установка накопителей позволит сократить время простоев токарного станка на 14,16%, фрезерного станка – на 15,42%;
- 3) Оптимальная емкость накопителя №1 и №2 составляет 25 шт.
- 4) После оптимизации производительность механического участка возрастёт на 27,7%;

Предложенный анализ работы производственных участков может быть использован при проведении лабораторных работ по курсу «Проектирование цехов механосборочного производства».

ЛИТЕРАТУРА

1. Steffen Bangsow. Manufacturing Simulation with Plant Simulation and SimTalk Usage and Programming with Examples and Solutions. — Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. — ISBN 978-3-642-05073-2
2. Сырецкий Г.А. Моделирование систем: лабораторный практикум. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – Ч.3. – 38с.