

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра систем автоматизации производства

С. Ю. Шамаев

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве методических указаний для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности 230104.65 Системы автоматизированного проектирования и направлению подготовки 230100.62 Информатика и вычислительная техника

Оренбург
2013

УДК 004.94: 658.512 (076.5)

ББК 32.97327

Ш19

Рецензент – доцент, кандидат технических наук В. В. Тугов

Шамаев, С. Ю.

Ш19

Имитационное моделирование гибкой производственной системы: методические указания для лабораторной и самостоятельной работ студентов / С. Ю. Шамаев; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2013. – 29 с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной и самостоятельной работ, посвященных компьютерному имитационному моделированию гибкой производственной системы при ее автоматизированном проектировании.

Представлен методический материал, включающий цель работы, порядок выполнения, теоретическое изложение материала, задания на выполнение лабораторных и самостоятельных работ, содержание отчёта. Для самоподготовки к сдаче работ приводятся контрольные вопросы.

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения, изучающих дисциплину «Разработка систем автоматизированного проектирования». Приведенные примеры помогут освоить полученные знания и применить их на практике.

УДК 004.94: 658.512 (076.5)

ББК 32.97327

© Шамаев С. Ю., 2013

© ОГУ, 2013

Содержание

Введение	4
1 Цель работы	5
2 Порядок выполнения работы	5
3 Общие положения	5
3.1 Основные понятия дискретно-событийного моделирования	5
3.2 Дискретно-событийное моделирование производственной системы	8
3.2.1 Модель гибкой производственной системы	8
3.2.2 Алгоритм дискретно-событийного моделирования работы ГПС	11
3.3 Моделирование работы производственной системы в среде программы Model PS	15
3.4 Пример выполнения работы	16
3.4.1 Исходные данные	16
3.4.2 Ввод исходных данных	19
3.4.3 Моделирование работы и обработка результатов	23
3.4.4 Оптимизация работы участка	25
4 Задание на самостоятельную работу	27
5 Содержание отчета	27
6 Контрольные вопросы	28
Список использованных источников	29

Введение

В настоящее время основная задача промышленности заключается в расширении и совершенствовании индустриальной базы развития экономики, в повышении технического уровня и эффективности производства, его рентабельности, организации, мобильности, экономии производственных и трудовых ресурсов, улучшении качества продукции [1]. В этих условиях основой развития машиностроения является создание гибких производственных систем (ГПС). Гибкая производственная система – «управляемая средствами вычислительной техники совокупность технологического оборудования, состоящая из разных сочетаний гибких производственных модулей и (или) гибких производственных ячеек, автоматизированной системы технологической подготовки производства и систем обеспечения функционирования, обладающая свойством автоматизированной переналадки при изменении программы производства изделий, разновидности которых ограничены технологическими возможностями оборудования» [2].

Наиболее наукоемким и ответственным этапом создания ГПС является разработка технического предложения, формирующего «облик» будущей системы. Данный этап связан с разработкой и использованием современных методов предпроектных расчетов, от качества которых напрямую зависит эффективность создаваемых производственных систем. Основным инструментом для анализа и синтеза систем служит компьютерное моделирование.

В методических указаниях рассматриваются вопросы применения имитационного моделирования, основанного на дискретно-событийном методе, при автоматизированном проектировании гибкой производственной системы на этапе разработки технического предложения.

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения, изучающих дисциплину «Разработка систем автоматизированного проектирования», в которой предусмотрено изучение теоретического материала и приобретение навыков работы с программными средствами имитационного моделирования сложных систем.

1 Цель работы

Целью работы является освоение дискретно-событийного метода моделирования производственной системы; приобретение навыков использования программы Model PS; анализ результатов имитационного моделирования производственной системы.

2 Порядок выполнения работы

2.1 Изучить общие положения дискретно-событийного метода моделирования гибкой производственной системы.

2.2 Познакомиться с примером имитационного моделирования производственной системы в среде программы Model PS.

2.3 Выполнить задание на самостоятельную работу в соответствии с заданным преподавателем вариантом.

3 Общие положения

3.1 Основные понятия дискретно-событийного моделирования

Одним из типов моделирования, широко используемых в системах автоматизированного проектирования, является имитационное моделирование. В соответствии с работой [3] имитационное моделирование есть «процесс конструирования модели реальной системы и постановки экспериментов на этой модели с целью либо понять поведение системы, либо оценить (в рамках ограничений, накладываемых некоторым критерием или совокупностью критериев) различные стратегии, обеспечивающие функционирование данной системы...».

Имитационное моделирование позволяет описать поведение системы; построить теории и гипотезы, которые могут объяснить наблюдаемое поведение; использовать эти теории для предсказания будущего поведения системы, то есть тех воздействий, которые могут быть вызваны изменениями в системе или изменениями способов ее функционирования [4, 5].

Имитационная модель включает описание структуры изучаемой системы. При выполнении программы генерируются времена прибытия, времена обслуживания и другие случайные величины, диктуемые логикой работы системы. Иными словами, в имитационном эксперименте искусственно порожденные входные данные «пропускаются» через логическую структуру, чей ответ «подражает» ответу реальной системы на такие же входные данные.

Одним из видов имитационного моделирования является *дискретно-событийное моделирование*, при котором функционирование системы представляется как хронологическая последовательность событий. Событие происходит в определенный момент времени и знаменует собой изменение состояния системы. Поэтому состояние системы, свойства объекта и число активных объектов, параметров, действий и задержек являются функциями времени и постоянно изменяются в процессе моделирования.

Рассмотрим основные понятия и термины, используемые при дискретно-событийном моделировании.

Система – множество объектов (например, людей и машин), которые взаимодействуют одновременно для достижения одной или большего количества целей.

Модель – абстрактное представление системы, обычно содержит структурные, логические или математические отношения, которые описывают систему в терминах состояний, объектов и их свойств, множеств, процессов, событий, действий и задержек.

Состояние системы – множество переменных, которые содержат всю информацию, необходимую для описания свойств системы в любое время.

Объект – любой элемент или компонент в системе, который должен быть представлен в модели в явном виде (например, обслуживающее устройство, клиент, машина).

Атрибут – свойства данного объекта (например, приоритет ожидающего клиента, маршрут процесса выполнения работ в цеху).

Событие – мгновенно возникающее изменение состояния системы (например, прибытие нового требования).

Уведомление о событии – запись события, которое произойдет в потоке событий или в некотором будущем времени наряду с любыми связанными данными, необходимыми для обработки события (запись всегда включает тип события и время события).

Список событий – список намеченных будущих событий, упорядоченных по времени возникновения.

Действие – продолжительность времени указанного промежутка (например, время обслуживания или время между поступлениями заявок), для которого известно, когда оно начинается и заканчивается.

Модельное время – неотрицательная возрастающая величина, отражающая течение времени в имитационной модели.

Часы – переменная, отражающая протекание времени моделирования.

Система дискретно-событийного моделирования содержит следующие компоненты: переменные, определяющие состояние системы; логику, определяющую, что произойдет в ответ на какое-то событие; список событий моделирования; часы, которые являются основным компонентом системы, синхронизирующим изменения системы, т. е. возникновение событий; генераторы случайных чисел.

Дискретно-событийные модели делятся на детерминированные и стохастические, в зависимости от того, каким образом генерируются события и основные характеристики очередей: время наступления событий, длительность обслуживания, количество клиентов, поступающих в очередь в единицу времени.

Условием завершения моделирования могут выступать:

- возникновение заданного события (например, достижение 10-минутного времени ожидания в очереди);
- прохождение заданного числа циклов по часам системы моделирования.

3.2 Дискретно-событийное моделирование производственной системы

3.2.1 Модель гибкой производственной системы

Рассмотрим теоретические основы построения дискретно-событийной модели гибкой производственной системы, предназначенной для оценки влияния характеристик и параметров гибкой производственной системы, различных алгоритмов ее работы на показатели эффективности.

Модель ГПС в соответствии с системным подходом представим, как динамическое взаимодействие следующих автоматизированных подсистем [6, 7]:

- транспортно-складской системы (ТСС), включающей склад заготовок и транспортные средства их доставки;
- системы основного технологического оборудования (СОТО), к которой относятся обрабатывающие центры с числовым программным управлением (ЧПУ), станки;
- системы инструментального обеспечения (СИО), включающей склад инструмента и транспортные средства его доставки.

Взаимодействие объектов производственной системы представим в виде рисунка 1. Для построения информационной модели системы и ее компонентов используем теорию множеств [8].

Исходя из структуры ГПС и анализа ее функционирования, модель гибкой производственной системы опишем следующим множеством

$$G = \{TC, O, IC, P, A_r\},$$

где TC – множество объектов транспортно-складской системы;

O – множество объектов основного технологического оборудования;

IC – множество объектов системы инструментального обеспечения;

$P = \{P_i; i = 1, \dots, m\}$ – множество параметров, входящих в описание ГПС,
 m – число параметров ГПС;

$A = \{A_i; i = 1, \dots, k\}$ – описание алгоритмов управления и работы гибкой производственной системы, k – число возможных алгоритмов.

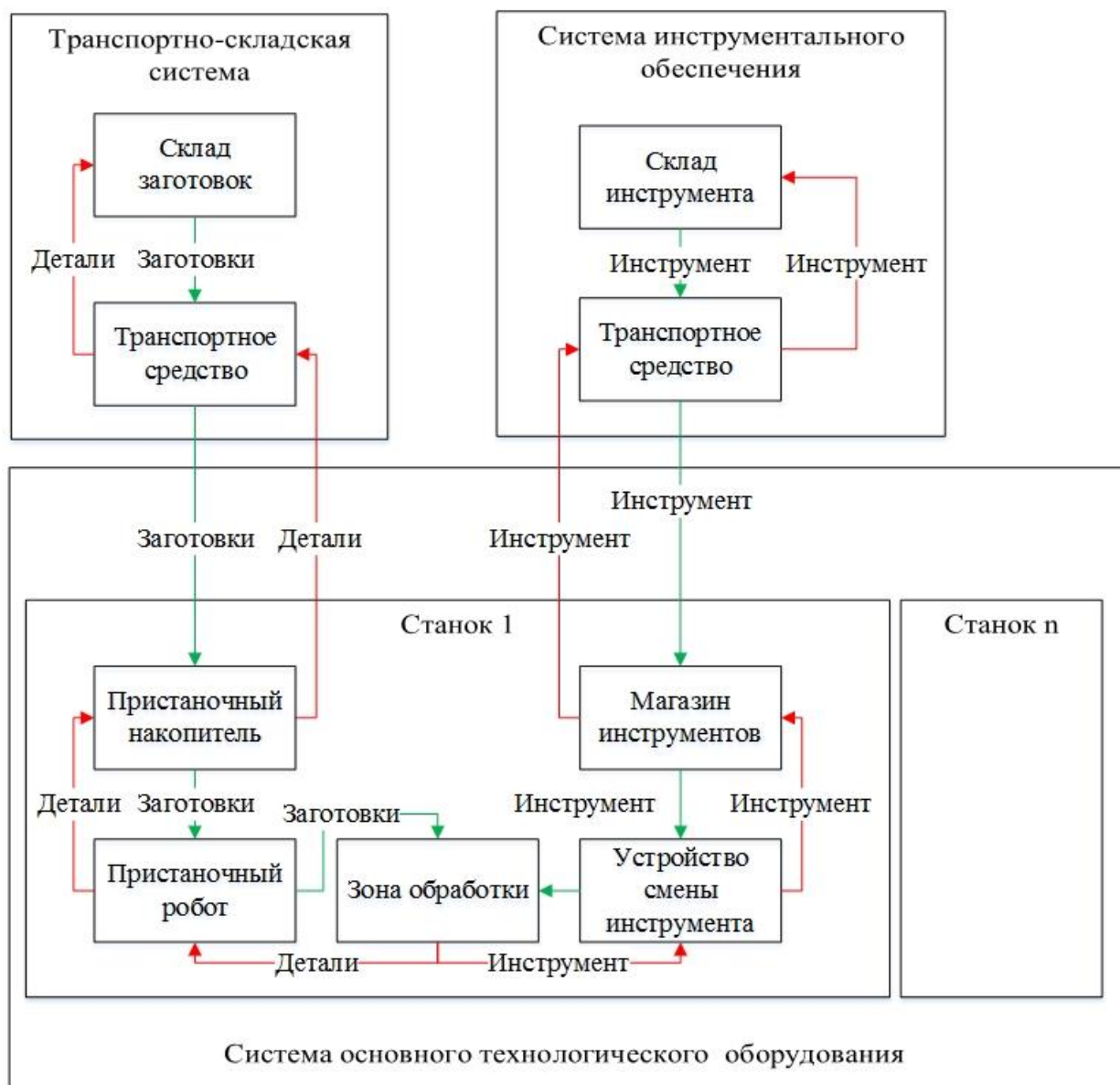


Рисунок 1 – Модель гибкой производственной системы

Автоматизированная транспортно-складская система, как видно из рисунка 1, включает транспортные средства для перемещения заготовок и склад заготовок. Система должна обеспечить бесперебойное снабжение станков заготовками для снижения простоев оборудования, своевременное перемещение обработанных заготовок обратно на склад, равномерную загрузку транспортных средств. Бесперебойность поставок заготовок к станкам обеспечивается алгоритмами управления работой транспортно-складской системы. Поэтому описание транспортно-складской системы представим следующим множеством

$$TC = \{T_3, C_3, A_T\},$$

где $T_3 = \{T_t, T_p, T_d\}$ – описание транспортных средств (ТС) для перемещения заготовок, T_t – тип транспортного средства; $T_p = \{Tr_i; i = 1, \dots, n\}$ – параметры ТС, n – число параметров; $T_d = \{Td_i; i = 1, \dots, n\}$ – набор действий, выполняемых ТС, n – число действий;

$C_3 = \{C_t, C_p, C_d\}$, C_t – тип склада; $C_p = \{Cr_i; i = 1, \dots, n\}$ – параметры склада, n – число параметров; $C_d = \{Cd_i; i = 1, \dots, n\}$ – набор действий, выполняемых складом, n – число действий;

$A_T = \{A_i; i = 1, \dots, n\}$ – описание алгоритмов управления и работы транспортно-складской системы, n – число возможных алгоритмов.

Система основного технологического оборудования (СОТО) представляет собой совокупность станков с ЧПУ, на которых непосредственно ведется обработка заготовок. В составе обрабатывающих станков выделяют: пристаночный накопитель (ПН) для хранения заготовок, магазин инструментов (МИ) для хранения инструментов, зону обработки (ЗО), в которую помещается заготовка для обработки. Таким образом, СОТО описывается следующим множеством

$$O = \{S, A_o\},$$

где $S = \{S_i; i = 1, \dots, n\}$ – описание обрабатывающего оборудования (станки), n – число станков; $S_i = \{St_i, Sw_i, Sa_i, Si_i, Sd_i\}$, St_i – тип станка; Sw_i – описание рабочей зоны станка; Sa_i – описание пристаночного накопителя станка; Si_i – описание магазина инструментов станка; $Sd_i = \{Sd_{ij}; j = 1, \dots, n\}$ – набор действий, выполняемых станком, n – число действий;

$A_o = \{A_i; i = 1, \dots, n\}$ – описание алгоритмов управления и работы обрабатывающей подсистемы, n – число возможных алгоритмов.

В состав автоматизированной системы инструментального обеспечения входят транспортные средства для перемещения инструмента $ТС_{и}$ и склад инструмента $СИ$. Функционирование системы заключается в бесперебойном снабжении станков инструментом с целью снижения простоев оборудования и обеспечении равномер-

ной загрузки транспортных средств. Для бесперебойных поставок инструмента к станкам возможно использование различных алгоритмов управления.

Описание автоматизированной системы инструментального обеспечения

$$ИС = \{T_{и}, C_{и}, A_{и}\},$$

где $T_{и} = \{T_t, T_p, T_d\}$ – описание транспортных средств (ТС) для перемещения инструмента, T_t – тип транспортного средства; $T_p = \{T_{pi}; i = 1, \dots, n\}$ – параметры ТС, n – число параметров; $T_d = \{T_{di}; i = 1, \dots, n\}$ – набор действий, выполняемых ТС, n – число действий;

$C_{и} = \{C_t, C_p, C_d\}$, C_t – тип склада; $C_p = \{C_{pi}; i = 1, \dots, n\}$ – параметры склада, n – число параметров; $C_d = \{C_{di}; i = 1, \dots, n\}$ – набор действий, выполняемых складом, n – число действий;

$A_{и} = \{A_{ii}; i = 1, \dots, n\}$ – описание алгоритмов управления и работы системы инструментального обеспечения, n – число возможных алгоритмов.

Рассмотренная модель содержит не все признаки и свойства представляемого ею реального предмета (в данном случае гибкой производственной системы), а только те, которые существенны для заявленной цели моделирования. Модель является формальной конструкцией, позволяющей определить формальные зависимости между параметрами компонентов реальной системы и формальные операции над ними. Это упрощает как разработку и изучение (анализ) моделей, так и их реализацию на компьютере.

3.2.2 Алгоритм дискретно-событийного моделирования работы ГПС

Укрупненный алгоритм моделирования производственной системы включает этапы [7], представленные на рисунке 2. Рассмотрим их подробнее.

Этап 1. Предварительный этап, состоящий из следующих действий:

- ввод исходных данных (то есть ввод данных по оборудованию и заготовкам, сменного задания);
- инициализация объектов, обнуление переменных и начальных значений.

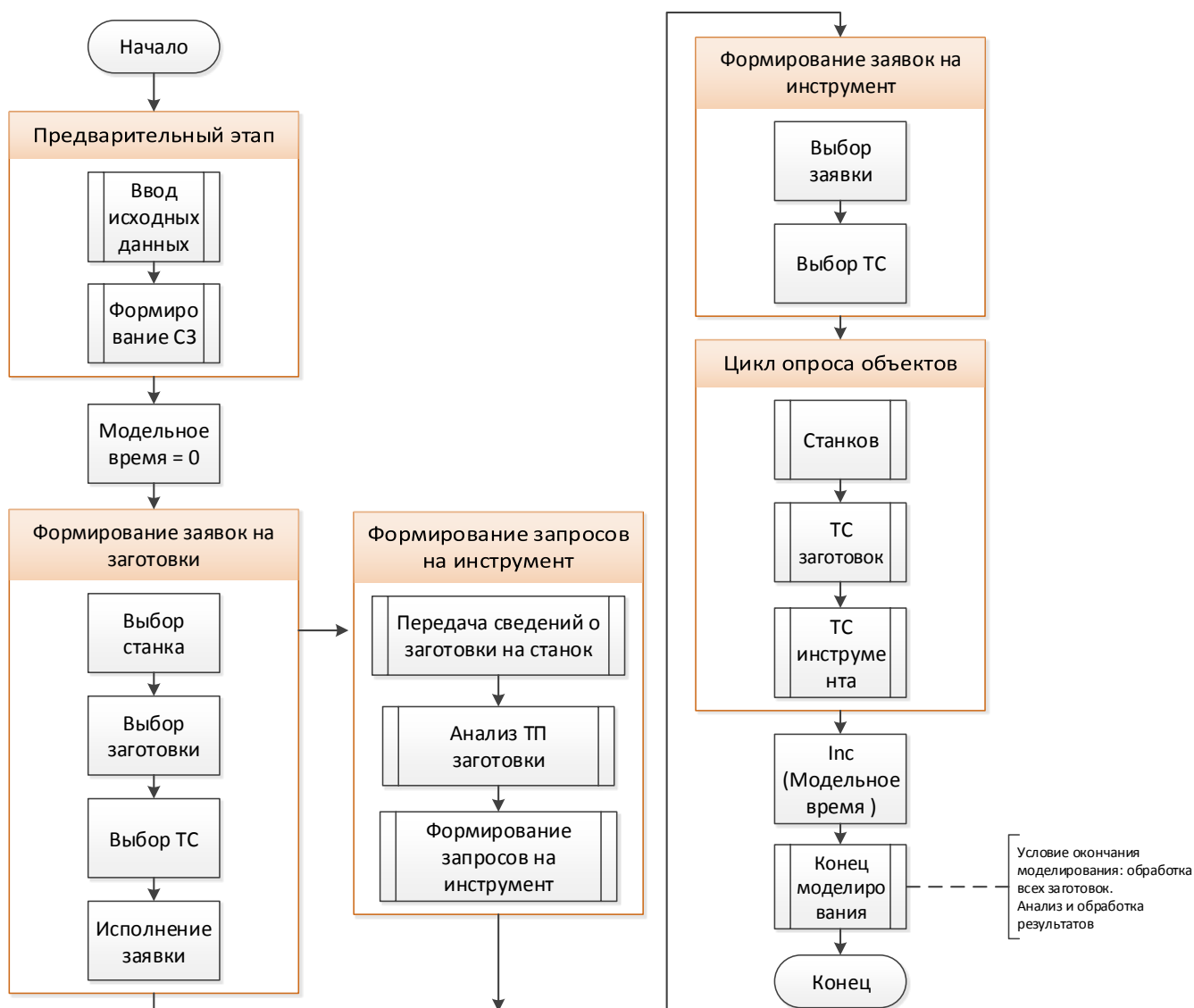


Рисунок 2 – Алгоритм моделирования работы гибкой производственной системы

Этап 2. Формирование и размещение сменного задания на складе заготовок.

Для формирования сменного задания используются следующие алгоритмы:

- 1) по очереди добавления в сменное задание;
- 2) минимальное время обработки;
- 3) максимальное время обработки;
- 4) предварительно распределив между станками.

В качестве критериев размещения сменного задания (СЗ) на складе заготовок могут быть использованы:

– равномерность коэффициентов загрузки обрабатывающих центров, определяемых по формуле

$$k_{\text{оц}} = \frac{T_{\text{сз}}}{T_{\text{р}}} ,$$

где $T_{\text{сз}}$ – время выполнения сменного задания;

$T_{\text{р}}$ – время работы обрабатывающего центра;

– размещение распределенных заготовок в позициях склада заготовок, близких к соответствующим обрабатывающим центрам.

Этап 3. Процесс моделирования, состоящий из процедур 3.1 – 3.5.

Процедура 3.1. Инициализация модельного времени.

С определенной дискретностью происходит опрос объектов системы (проверка и смена текущих статусов). Время увеличивается после каждой итерации, по умолчанию принимается интервал, равный 1 с.

Процедура 3.2. Формирование заявки, опрос объектов транспортно-складской системы.

Опрашиваются все транспортные средства (ТС). Если есть еще необработанные заготовки и простаивающее ТС, то среди них выбираются заготовка и ТС в соответствии с правилами и алгоритмами поиска. Далее по правилам выбора станка выполняется процесс поиска обслуживаемого станка (ищется станок со свободными позициями в пристаночном накопителе), и, если таковой найден, то он выбирается на обслуживание.

Происходит смена статуса у транспортного средства, оно переходит в состояние движения на склад за заготовкой, рассчитывается время нахождения в данном состоянии, равное времени движения с текущего положения до соответствующей позиции заготовки на складе. Если в данный момент времени происходит окончание какого-либо события, анализируется текущий статус, и по диаграмме состояний выбирается новый статус, транспортное средство переходит в следующее состояние, рассчитывается время нахождения в этом состоянии.

На рисунке 3 представлен процесс смены состояний у транспортного средства и условия перехода из состояния в состояние.

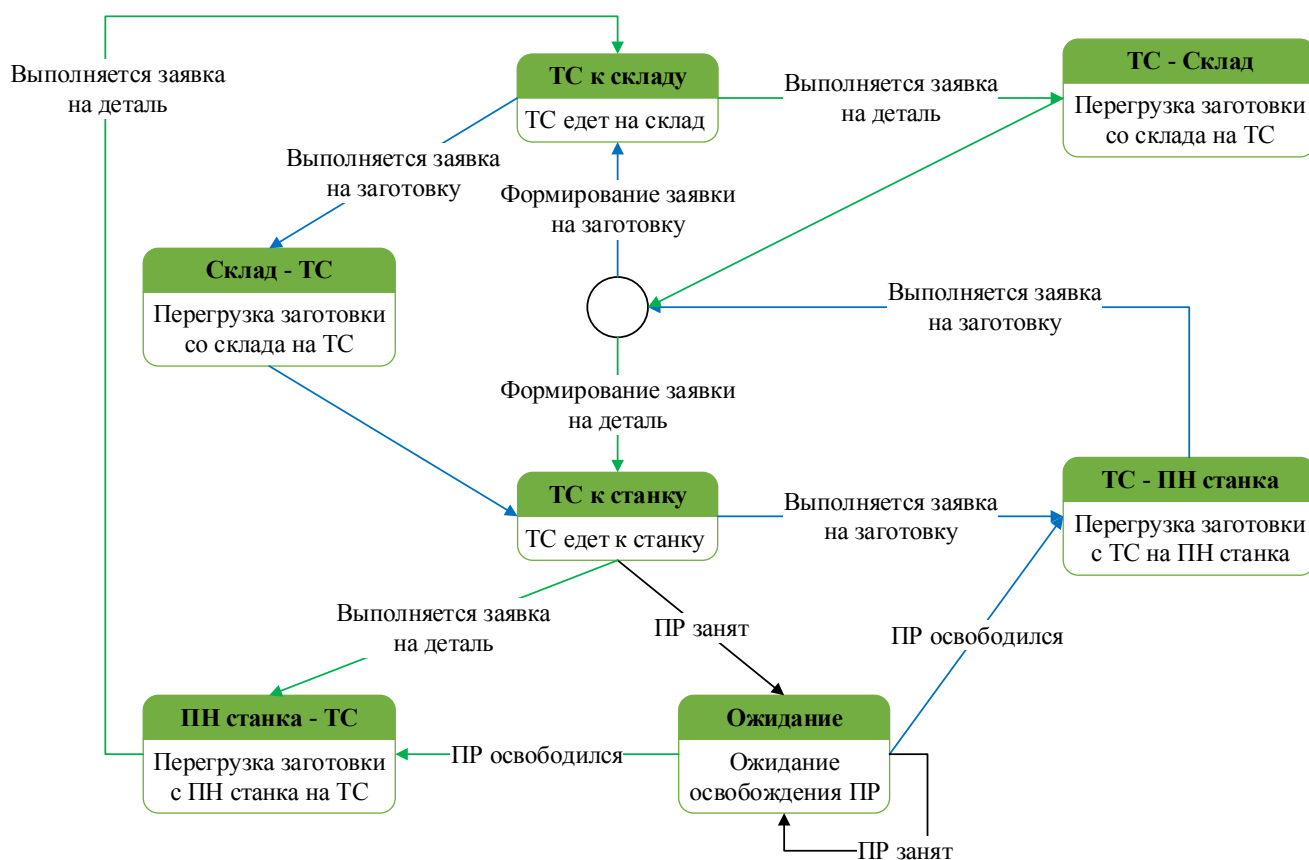


Рисунок 3 – Смена состояний у транспортного средства и условия перехода из состояния в состояние

Процедура 3.3. Опрос обрабатывающего оборудования.

Опрашиваются все станки. Процесс опроса, смены статусов и времени нахождения в соответствующем состоянии выглядит аналогично опросу транспортных средств. После того, как закончится обработка заготовки на станке, значение необработанных заготовок уменьшается на единицу.

Процедура 3.4. Проверка условия окончания моделирования работы гибкой производственной системы.

Моделирование прекращается, как только обработаны все заготовки, и на склад поступит последняя обработанная деталь.

Процедура 3.5. Анализ результатов моделирования работы.

Рассчитываются время работы оборудования, время простоев, собирается статистическая информация, строятся графики и диаграммы.

3.3 Моделирование работы производственной системы в среде программы Model PS

Программа моделирования производственной системы Model PS [9] предназначена для выполнения компьютерного имитационного моделирования гибкой производственной системы с заданными параметрами на уровне технологических операций и технологических переходов. В основе программы лежит метод дискретно-событийного моделирования. Последовательность работы с программой представлена в виде диаграммы деятельности на рисунке 4.

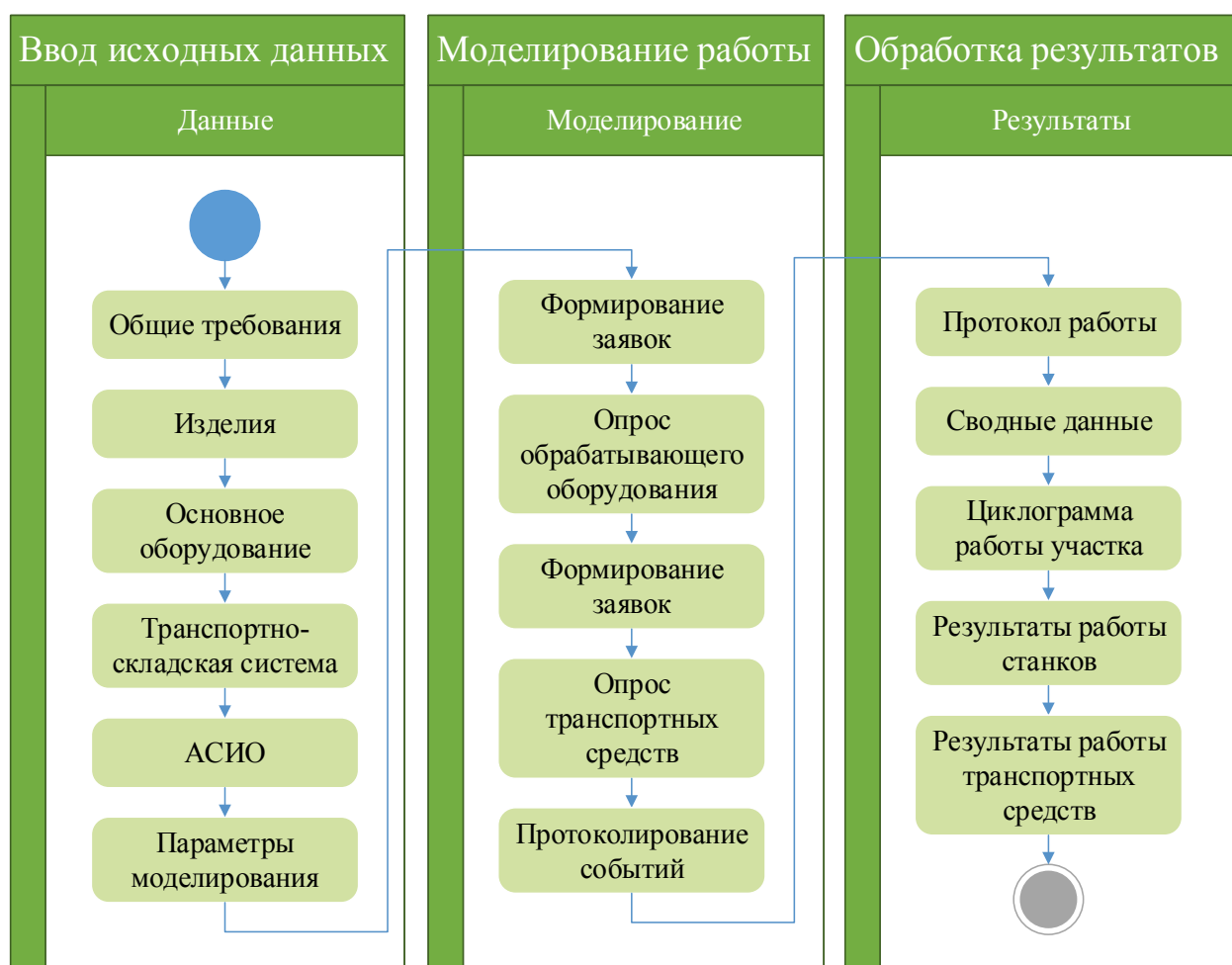


Рисунок 4 – Диаграмма последовательности работы с программой

Входными данными для моделирования производственной системы являются: сведения об обрабатывающем оборудовании, о складе заготовок, складе инструментов, транспортных средствах; номенклатура изделий, их трудоемкость, технологические процессы, размер сменного задания (рисунок 5).

Результаты моделирования работы оборудования представлены следующими видами информации:

- протокол работы, представляющий табличную интерпретацию списка событий, в нем отображается информация по всем событиям, которые произошли при моделировании (списки заявок и запросов, передвижения транспортных средств, смена статусов заготовок, перемещения инструмента, события от станка и так далее);
- сводные сведения по работе участка, включающие коэффициент загрузки участка, время работы участка, производительность и другие данные;
- циклограмму работы оборудования, на которой показана графическая интерпретация протокола работы, отложенная на временной шкале;
- сведения по работе основного оборудования, включающие сводную таблицу по работе станков и гистограмму распределения времени работы станков;
- сведения по работе транспортных средств.

3.4 Пример выполнения работы

3.4.1 Исходные данные

Исходные данные для исследования производственной системы приведены в таблицах 1 - 3.

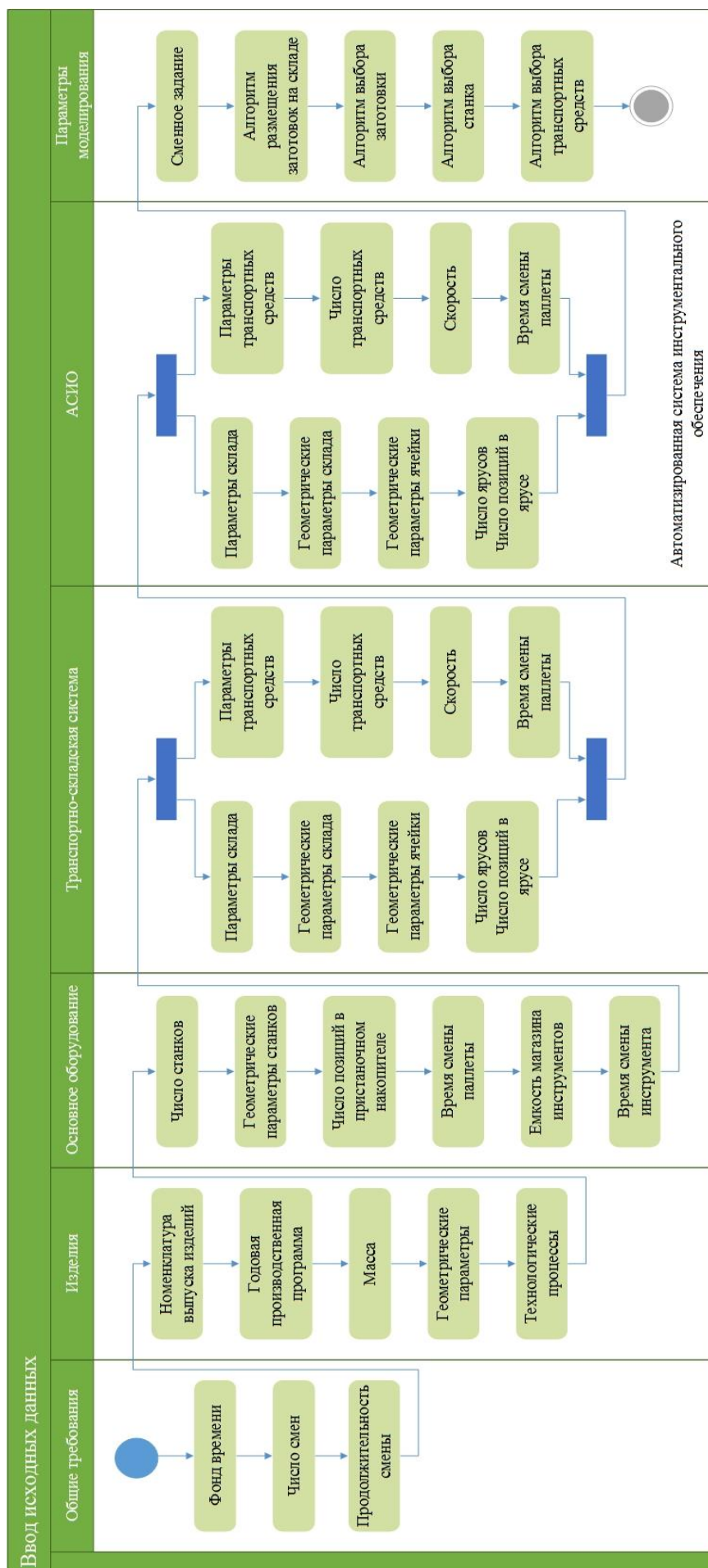


Рисунок 5 – Диаграмма ввода исходных данных

Таблица 1 – Исходные данные примера

Количество суток работы ГПС в год	320 суток			
Режим работы	2 смены по 8 часов			
Длительность цикла безлюдной работы	8 часов			
Предельные размеры партий запуска заготовок в обработку ...	1 – 50 штук			
Максимальное число переналадок за цикл безлюдной работы	10 переналадок			
Плановый срок окупаемости	3 года			
Коэффициент использования оборудования	0,85			
Годовая программа изготавливаемых деталей (10 наименований)				
Наименование детали	Габарит, размеры (Lxbxh), мм	№ опер.	Трудоемкость, мин	Программа выпуска, шт.
1 Плита нижняя Д1524А-35-422	420х350х340	005	3,77	5000
		010	10,95	
		015	27,12	
2 Крышка тормозного барабана	340х320х280	005	32,25	2000
3 Корпус кулисного механизма 334012	470х420х350	005	29,87	4000
4 Крышка цилиндра гидроусилителя 135-340505	420х400х300	005	1,75	5000
		010	4,52	
5 Корпус БД 8.020.98	450х360х300	005	10,51	3000
		010	4,23	
6 Корпус подшипника ШВА .01.03.01	240х230х180	005	34,66	2000
7 Корпус П943-1-32-403	400х350х270	005	9,36	2000
8 Кронштейн 396521	490х450х380	005	4,81	6000
		010	1,41	
9 Корпус 8ДЕ.003.216	360х480х340	005	3,07	3000
		010	22,12	
10 Палец кулисы 7Б35.40.37	450х420х400	005	5,97	4000
		010	2,72	

Таблица 2 – Исходные данные по оборудованию

Оборудование	Параметры
1	2
1 Станки:	
1) тип станка	ИР800 ПМФ4
2) емкость пристаночного накопителя (ПН)	2
3) время смены паллеты в ПН, с	50
4) число позиций в магазине инструментов (МИ)	30
5) время смены инструмента в МИ, с	5
6) время смены инструмента в шпинделе, с	5
7) число станков	5
8) координаты, м	2; 8,4; 14,8; 21,2; 27,6
2 Склад заготовок:	
1) тип склада	СТ-0,16
2) емкость склада	297
3) число ярусов	3
4) число позиций в ярусе	99

Продолжение таблицы 2

1	2
5) координаты X и Y первой позиции, м 6) длина склада, м 7) размер позиции, мм	1; 1 39,6 400x300x400
3 Склад инструмента: 1) емкость склада 2) число ярусов 3) число позиций в ярусе 4) координаты X и Y первой позиции, м 5) размер позиции, мм	200 2 100 1; 1 160x160x160
4 Транспортные средства доставки заготовок: 1) скорость, м/с 2) время смены паллеты, с	1 30
5 Транспортные средства доставки инструмента 1) скорость, м/с 2) время смены паллеты, с	1 5

Таблица 3 – Исходные данные сменного задания для моделирования

Наименование	№ опер.	Трудоемкость, мин	Штук в СЗ
1 Плита нижняя Д1524А-35-422	005	3,77	10
2 Плита нижняя Д1524А-35-422	010	10,95	10
3 Плита нижняя Д1524А-35-422	015	27,12	10
4 Крышка тормозного барабана	005	32,25	5
5 Корпус кулисного механизма 334012	005	29,87	5
6 Крышка цилиндра гидроусилителя 135-340505	005	1,75	15
7 Крышка цилиндра гидроусилителя 135-340505	010	4,52	15
8 Корпус БД 8.020.98	005	10,51	5
9 Корпус БД 8.020.98	010	4,23	5
10 Корпус подшипника ШВА .01.03.01	005	34,66	5

3.4.2 Ввод исходных данных

Сведения об общих требованиях вводятся на закладке «Техническое задание» (кнопка «Данные технического задания»). Сведения об изделиях, их параметрах и технологических процессах вносятся в ведомость изделий (вкладка «Производственная программа») (рисунок 6).

Чтобы внести сведения об оборудовании, необходимо перейти на вкладку «Оборудование» (рисунок 7). Основное оборудование можно добавить или удалить с помощью соответствующих кнопок «Добавить станок», «Удалить станок».

Добавить изделие Редактировать операцию Удалить Сменное задание БД Заготовки

Добавить Редактировать Удалить БД Инструмент

Изделия

Производственная программа

- Плита нижняя Д1524А-35-422
 - 005 Операция 000
 - 010 Операция 001
 - 015 Операция 002
- Крышка тормозного барабана 135ЛМ-3501287
- Корпус кулисного механизма 334012
- Крышка цилиндра гидроусилителя 135Л-340505
- Корпус БД 8.020.98

Сведения об изделии

Наименование изделия Плита нижняя Д1524А-35-422

Масса, кг 10 Длина, мм 420 Ширина, мм 350 Высота, мм 340

Годовая программа, шт. 13000

Примечание Плита нижняя Д1524А-35-422

Т маш., мин 39,08 Т вспом., мин 2,76 Т изгот., мин 41,84

Изделие Плита нижняя Д1524А-35-422 Операция Операция 002. Редактирование

Изделие Плита нижняя Д1524А-35-422

Операция Операция 002

Примечание

Технологический процесс

№	Содержание	Инструмент (И.)	Код И.	Т маш.	Т вспом.	Т операц..	Примечание
1		Фреза торцовая d250 Т15К6 ГОСТ 24359-80	К = 49	0,8	0,05	0,85	
2		Фреза торцовая d250 Т15К6 ГОСТ 24359-80	К = 49	3,13	0,05	3,18	
3		Резец расточной 2142-0170 ВК6 ГОСТ 9795-73	К = 27	0,2	0,05	0,25	
4		Резец расточной 2142-0170 ВК6 ГОСТ 9795-73	К = 27	0,15	0,05	0,2	
5		Развертка специальная	К = 73	4,08	0,05	4,13	
6		Развертка d55.0 391752-002 У10 ГОСТ 873-80	К = 74	3,76	0,05	3,81	
7		Сверло центровальное 2300-1112Р6М5 ОСТ2И20-1-80	К = 0	0,24	0,05	0,29	
8		Сверло d14.0 035-2300-1258 Р6М5 ОСТ 2 И20-1-80	К = 6	1,34	0,05	1,39	

Сохранить

Переходов

Проект

Рисунок 6 – Ведомость изделий

Параметры оборудования					
№	1	2	3	4	5
Группа	1	1	1	1	1
Координата X, м	2,000	8,400	14,800	21,200	27,600
Координата Y, м	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Число позиций в пристаночном накопителе	2	2	2	2	2
Время смены в пристаночном накопителе, сек	50	50	50	50	50
Число позиций в магазине инструментов	30	30	30	30	30
Время смены в шпинделе, сек	5	5	5	5	5
Время смены в магазине инструментов, сек	5	5	5	5	2

Рисунок 7 – Сведения об обрабатывающих центрах

Для редактирования сведений о станках нужно выбрать станок в таблице и произвести одно из следующих действий:

- нажать кнопку «Редактировать станок»;
- два раза щелкнуть левой кнопкой мыши по выбранной строке;
- щелкнуть правой кнопкой мыши и во всплывающем списке выбрать пункт «Редактировать станок».

Сведения о транспортно-складской системе и автоматизированной системе инструментального обеспечения вносятся на вкладках «АТСС» и «АСИО» (рисунок 8).

Для того, чтобы внести сведения о складе заготовок и транспортных средствах для транспортировки заготовок, необходимо выбрать пункт «Транспортно-складская система». В открывшейся вкладке можно отредактировать параметры склада, добавить или удалить транспортные средства.

Аналогично вносятся сведения об автоматизированной системе инструментального обеспечения.

Склад

Тип склада

СТ-0,16

Координата X первой ячейки, м

1

Координата Y первой ячейки, м

1

Общая емкость склада

297

Длина ячейки, мм

400

Число ярусов

3

Ширина ячейки, мм

300

Число позиций в ярусе

99

Высота ячейки, мм

400

Характеристики склада

	Горизонталь	Вертикаль
Координата, мм	1	1
Число позиций/ярусов	99	3
Размер, м	39,6	1,2
Ячейка, мм	400 300	400

Характеристики транспортных средств

	1	2
Скорость по горизонтале, м/с	1	1
Скорость по вертикале, м/с	1	1
Отработка перемещений	Послед	Послед
Время смены, с	30	30

Рисунок 8 – Сведения о транспортно-складской системе

Параметры моделирования вносятся на вкладке «Моделирование». Для выбора алгоритмов работы необходимо нажать кнопку «Алгоритмы» (рисунок 9).

При нажатии кнопки «Сменное задание» осуществляется переход на вкладку работы со сменным заданием (рисунок 10).

Склад заготовок	Формирование заявки
Размещение заготовок на складе	Выбор обрабатывающего центра
По порядку добавления в сменное задание	Минимальное время работы
	Выбор заготовки
	Ближе к станку
	☐ Оптимизация работы станков
	Выбор транспортного средства
	Минимальное время транспортной операции
	☐ Оптимизация работа транспортных средств

Рисунок 9 – Алгоритмы моделирования работы производственной системы

Проект Техническое задание Проектирование ГПС Инженерный анализ Настройки Справка					
Моделирование сменного задания Статистическое моделирование Моделировать Инженерный анализ завершен		Алгоритмы Состояние элементов Сменное задание Моделирование смен... Статистическо... Результаты мо			
Режим моделирования					
TabSheet3 TabSheet4 TabSheet5 TabSheet6 TabSheet7 TabSheet8 TabSheet9 TabSheet10 TabSheet11					
№	Наименование детали	Т маш., мин.	Т всп., мин.	Т изг., мин.	Количество
1	Плита нижняя Д1524А-35-422	39,08	2,76	41,84	
	Операция 000 2	3,06	0,71	3,77	6
	Операция 001 3	10,45	0,5	10,95	3
	Операция 002 4	25,57	1,55	27,12	4
2	Крышка тормозного барабана 135ЛМ-3501287	29,21	3,04	32,25	
	Операция 000 6	29,21	3,04	32,25	0
3	Корпус кулисного механизма 334012	25,64	4,23	29,87	
	Операция 000 8	25,64	4,23	29,87	2

Рисунок 10 – Сменное задание

Чтобы добавить заготовку в сменное задание, необходимо выбрать деталиустановку и дважды щелкнуть по ней левой кнопкой мыши, либо нажать правую кнопку и выбрать пункт «Редактировать». Откроется окно, в котором указывается число заготовок данной деталиустановки (рисунок 11). Если значение указать равным нулю, то данная деталиустановка исключится из сменного задания.

Введите новое число заготовок на сменное задание

OK Cancel

Рисунок 11 –Редактирование числа заготовок выбранной деталиустановки

3.4.3 Моделирование работы и обработка результатов

Для начала моделирования работы необходимо ввести исходные данные по деталям, оборудованию, сменному заданию, указать алгоритмы работы и нажать кнопку «Моделировать».

После окончания процесса моделирования можно просмотреть результаты моделирования работы: сводные сведения (рисунки 12), циклограмму работы (рисунок 13), данные по работе оборудования, включающие таблицу по работе обрабатывающих центров и гистограмму распределения времени работы обрабатывающих центров (рисунок 14), данные по работе транспортных средств, включающие таблицу по работы транспортных средств и гистограмму распределения времени работы транспортных средств (рисунок 15).

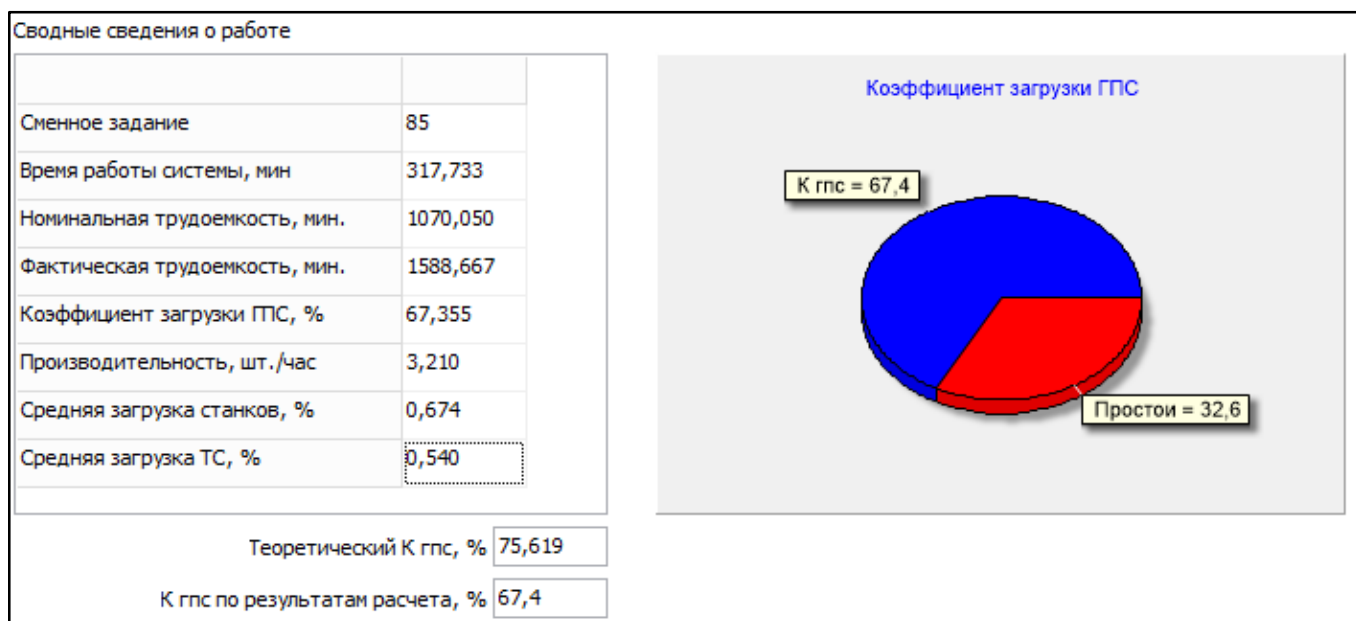


Рисунок 12 – Сводные сведения о работе

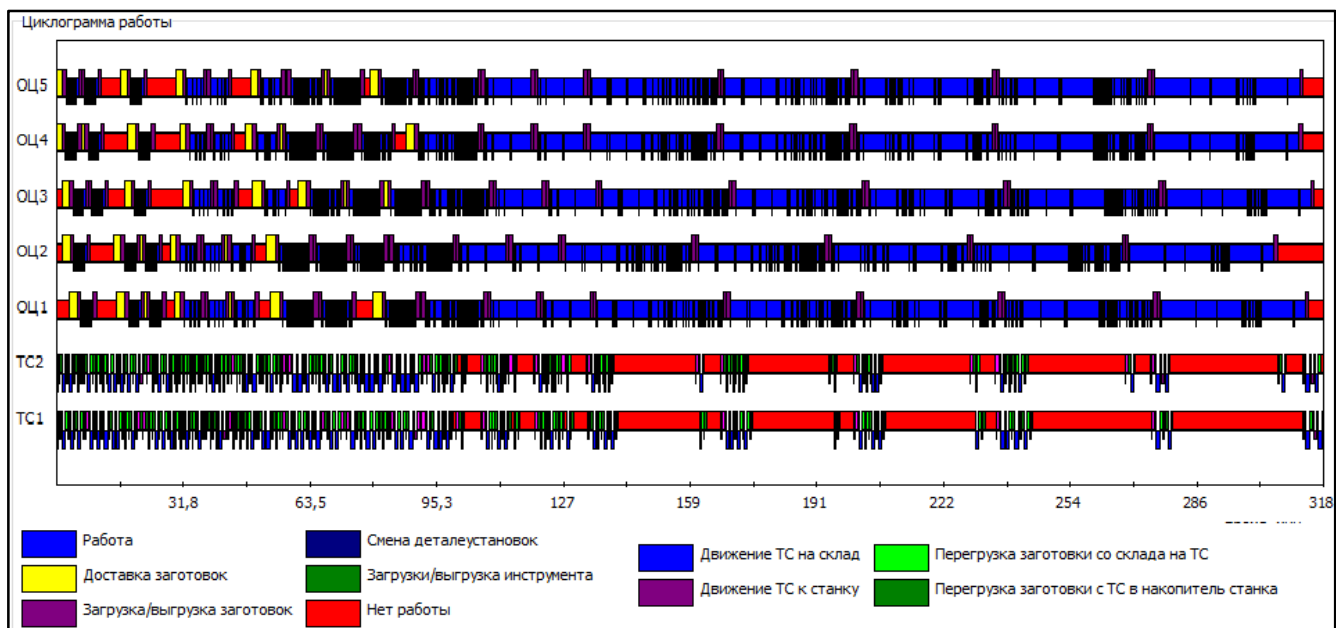


Рисунок 13 – Циклограмма работы оборудования

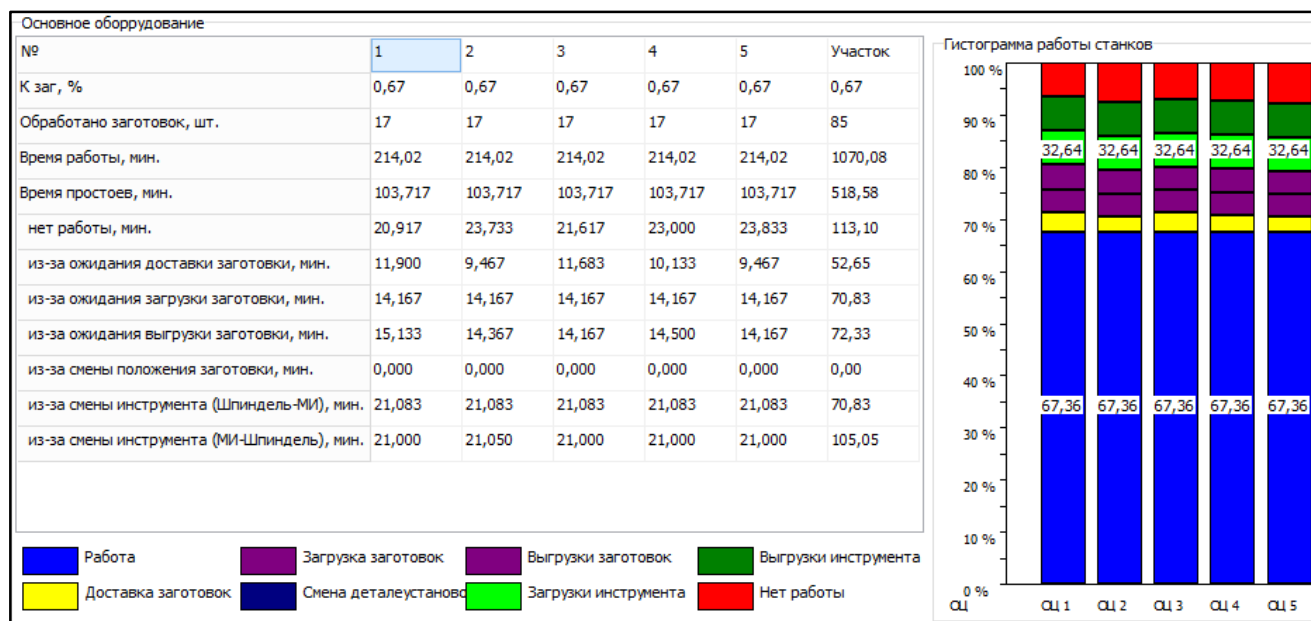


Рисунок 14 – Данные по работе оборудования

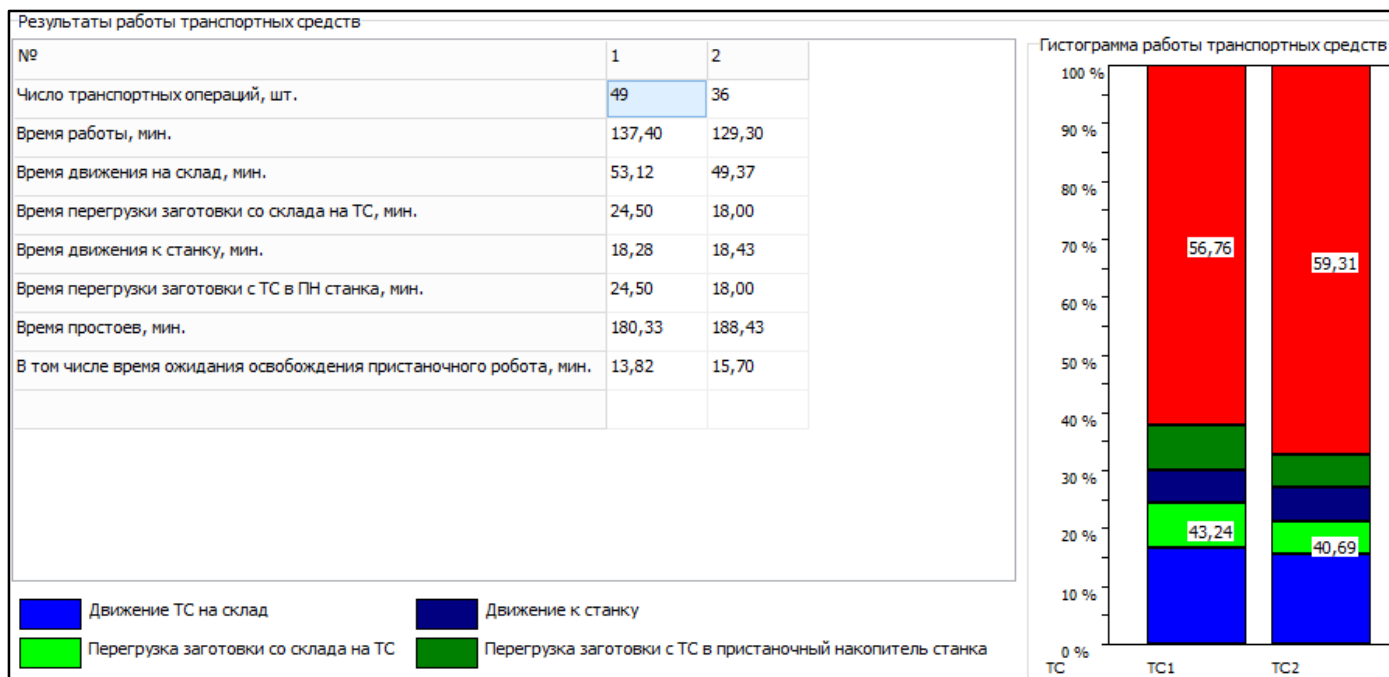


Рисунок 15 – Данные по работе транспортных средств

3.4.4 Оптимизация работы участка

Повысить эффективность работы системы можно, не только изменяя характеристики оборудования, но и применяя оптимальные алгоритмы. Например, можно выбрать следующие алгоритмы: для выбора станка – по очереди, для транспортных средств – по времени поступления заявки, распределение заготовок – оптимально. На рисунках 16, 17 приведены общие сведения и циклограмма работы.

Как видно из результатов моделирования, коэффициент загрузки ГПС вырос на 1,9 %, производительность выросла на 0,092 шт./час (2,9 %), а время выполнения сменного задания сократилось на 8,8 мин (2,8 %).

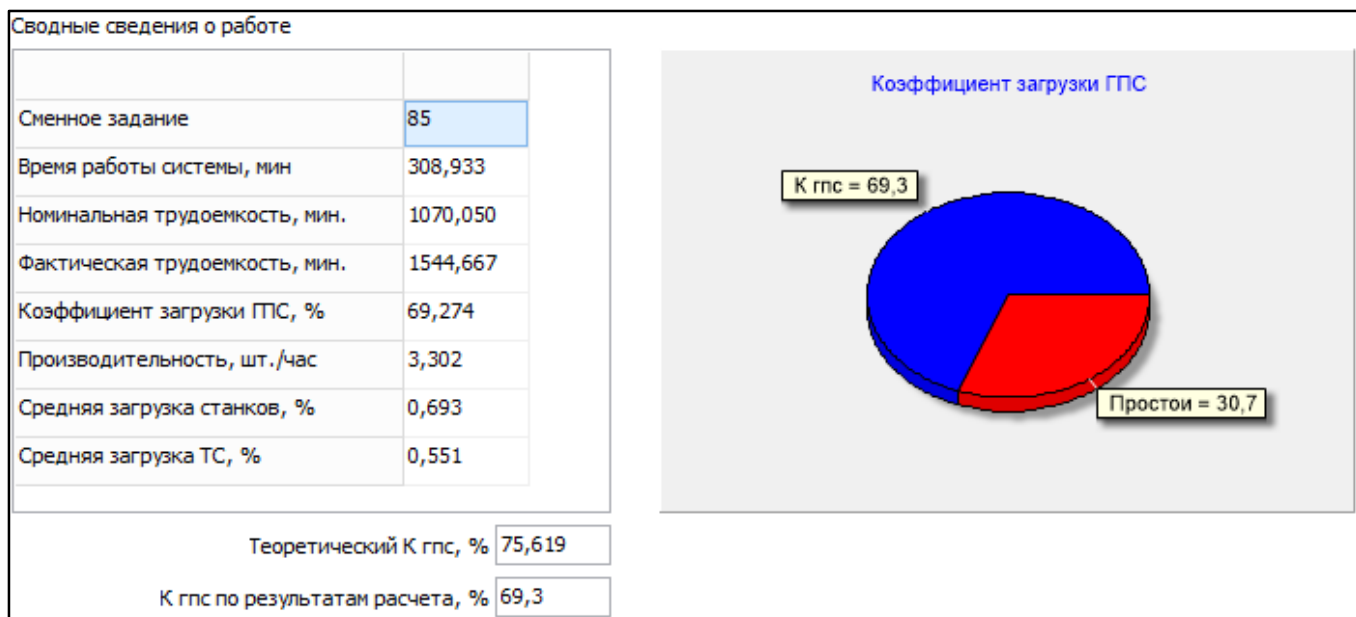


Рисунок 16 – Сводные сведения о работе

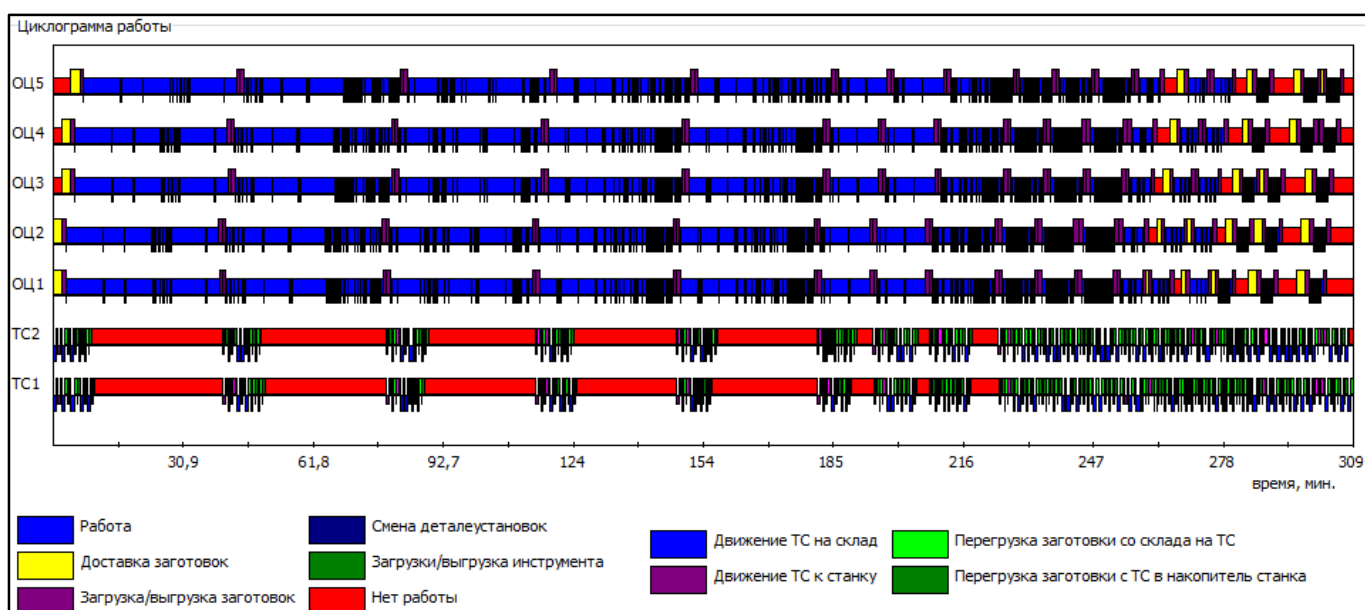


Рисунок 17 – Циклограмма работы оборудования

4 Задание на самостоятельную работу

4.1 Выполнить пример, проанализировать результаты моделирования.

4.2 Введите исходные данные в соответствии с заданным преподавателем вариантом (данные по изделиям, основному оборудованию, транспортно-складской и автоматизированной системе инструментального обеспечения).

4.3 Ввести данные по параметрам моделирования (сменное задания и алгоритмы).

4.4 Промоделировать работу производственной системы.

4.5 Проанализировать результаты моделирования работы производственной системы, указать время работы, коэффициент загрузки оборудования, производительности, выяснить основные причины простоев оборудования и транспортных средств.

4.6 По результатам анализа скорректировать параметры моделирования, выбрать другие алгоритмы таким образом, чтобы:

а) коэффициент загрузки оборудования был максимальным;

б) время обработки всех заготовок минимальное.

5 Содержание отчета

5.1 Название работы.

5.2 Цель работы.

5.3 Исходные данные задания.

5.4 Параметры моделирования и результаты моделирование работы.

5.5 Скорректированные параметры моделирования и результаты моделирования работы.

5.6 Выводы о функционировании производственной системы.

6 Контрольные вопросы

- 6.1 Для каких целей применяют имитационное моделирование?
- 6.2 Какое моделирование называют «дискретно-событийным»?
- 6.3 Назовите компоненты системы дискретно-событийного моделирования.
- 6.4 Что такое «событие»?
- 6.5 Что такое «список событий»?
- 6.6 Что такое «атрибут»?
- 6.7 Что такое «действие»?
- 6.8 Что такое «часы» при дискретно-событийном моделировании?
- 6.9 Назовите компоненты гибкой производственной системы.
- 6.10 Запишите множество, которым можно описать автоматизированную транспортно-складскую систему.
- 6.11 Запишите множество, которым можно описать систему основного технологического оборудования.
- 6.12 Запишите множество, которым можно описать автоматизированную систему инструментального обеспечения.
- 6.13 Назовите основные этапы дискретно-событийного моделирования ГПС.
- 6.14 Какие исходные данные необходимо ввести для моделирования ГПС в среде программы Model PS?
- 6.15 Что является результатом моделирования ГПС в среде программы Model PS?

Список использованных источников

- 1 Шишмарев, В. Ю. Машиностроительное производство / В. Ю. Шишмарев, Т. И. Каспина. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2006. – 352 с. – ISBN 5-7695-3404-4.
- 2 A hybrid simulated annealing-tabu search algorithm for the part selection and machine loading problems in flexible manufacturing systems. By: Arıkan, Murat; Erol, Serpil. – International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2012.
- 3 Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем - искусство и наука / Р. Шеннон. – М.: Мир, 1978. – 420 с.
- 4 Труб, И. И. Объектно-ориентированное моделирование на C++: учебный курс / И. И. Труб. – СПб.: Питер, 2006. – 411 с.: ил. – ISBN 5-469-00893-2.
- 5 Дигрис, А. В. Дискретно-событийное моделирование [Электронный ресурс]: курс лекций / А. В. Дигрис. – Минск: БГУ, 2011. – Режим доступа: <http://www.elib.bsu.by>. – ISBN 978-985-518-511-7.
- 6 Практические расчеты гибких производственных ячеек. Модели, алгоритмы, приложения: монография / Р. Р. Рахматуллин, А. И. Сердюк, А. М. Черноусова, С. Ю. Шамаев. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2010. – 237 с. – ISBN 978-7410-1118-8.
- 7 Шамаев, С. Ю. Применение объектно-ориентированных технологий при моделировании высокоавтоматизированных производственных систем / С. Ю. Шамаев, А. М. Черноусова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 4 (2). – С. 777-782.
- 8 Шамаев, С. Ю. Информационные модели гибкой производственной системы / С. Ю. Шамаев, А. М. Черноусова // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах: междунар. сб. науч. тр. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. Гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. – С. 120-125.
- 9 Свидетельство № 2013612019 Российская Федерация. Программа моделирования работы производственной системы Model PS: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ / С. Ю. Шамаев, А. М. Черноусова; заявитель и правообладатель федерал. гос. бюджет. образоват. учреждение высшего проф. образования «Оренбургский гос. ун-т». – № 2012661218; заявл. 18.12.2012; зарегистр. 12.02.2013. – 1 с.