

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»
(Самарский университет)

В.В. КОКАРЕВА

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА В TECNOMATIX PLANT SIMULATION

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве методических указаний для выполнения практической работы при подготовке магистров по направлению 15.04.05- «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

САМАРА
Издательство Самарского университета
2017

УДК 658.5 (075)

Авторы: ***В.В. Кокарева***

Рецензент: д.т.н. Хаймович И.Н.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА В TЕСНОМАТІХ PLANT

SIMULATION: метод. указания. / сост. *В.В. Кокарева* - Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. - 19 с.

В методических указаниях рассмотрены методы и средства имитационного моделирования в Tecnomatix Plant Simulation.

В ходе выполнения практической работы магистрантами создается производственная система аддитивного производства и проводится анализ ее деятельности, осваиваются инструменты GAWizard в приложении имитационного моделирования Tecnomatix Plant Simulation .

Методические указания предназначены для выполнения практической работы магистрантами, обучающимися в рамках дисциплины «Производственный менеджмент».

Методические указания также могут быть использованы студентами при выполнении выпускных квалификационных работ.

Выполнено на кафедре технологий производств двигателей.

© Самарский университет, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ОПТИМИЗАЦИИ	5
2 ВЫПОЛНЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ.....	11
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	16

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие предназначено для выполнения практической работы студентами специальности 15.04.05 с АО «Металлист-Самара» в рамках дисциплины «Технологическая подготовка современного производства».

Пособие содержит основные понятия и определения теории имитационного моделирования с применением генетических алгоритмов.

Выполнение студентом практической работы проводится с целью изучения и освоения:

- Приложения Genetic Algorithms
- Атрибутов основных объектов производственной системы
- Создания модели участка с управлением потоков деталей

При выполнении практической работы студент должен изучить цели, задачи и средства имитационного моделирования, критерии эффективности применения дискретного имитационного моделирования.

Выполнение практической работы развивает самостоятельность мышления, способствует формированию научных интересов и приобщает к научно-исследовательской деятельности.

В результате выполнения практической работы студент создает имитационные модели производственных систем с использованием Genetic Algorithms, регулирующих создание, перемещение и обработку деталей на участке.

1 МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ОПТИМИЗАЦИИ

На сегодня аддитивные цифровые технологии относятся к глобально наукоемкому, или так называемому умному производству и входят в ядро шестого технологического уклада. Это выражается, в первую очередь, в существенном сокращении длительности производственного цикла мелких серий изделий. Во-вторых, возникает новая концепция проектирования, позволяющая оптимизировать геометрию с сохранением или увеличением прочностных характеристик. А в-третьих, меняется концепция производства, которая исключает необходимость создания заводов, которые производили бы огромное количество запчастей, продумывать логистику их доставки и т.д. Как считают эксперты, цифровое производство сменит в ближайшие 20 лет некоторые виды массового производства, особенно с высокой конечной стоимостью продукции.

Основной формой организации аддитивного производства является мини-завод, работающий по принципу «на заказ». Основные преимущества мини-заводов сводятся к следующему: простота и надежность оборудования, его малые масса и энергоемкость, гибкость технологии, незначительные производственные площади, широкий сортамент выпускаемой продукции, низкие капиталовложения, невысокая потребность в штате, что в итоге дает низкую себестоимость продукции. В свою очередь, чтобы реализовывать эти преимущества на практике, необходимо иметь эффективную систему оперативно-календарного планирования. Система должна позволять смоделировать производственный план, а также бизнес-процессы по его реализации таким образом, чтобы достигать максимально положительного результата, начиная от стадии приема заказов на изготовление и формирование портфеля заказов до сменно-суточного задания на производство продукции.

Современные производственные системы (ПС) представляет собой сложный динамический объект. Для эффективного использования такого объекта необходимо формировать и динамически корректировать с учетом изменения ситуации на производстве оптимальное расписание работы оборудования. На реальный производственный процесс влияет ряд внешних факторов:

- сбои в транспортно-складской системе;
- введение в производство новой детали;
- выход из строя технологического оборудования.

Для разработки метода оптимизации необходима имитационная модель, которая обеспечит близкое к реальности отображение процесса работы оборудования и движения материальных и информационных потоков.

Фактически задача оптимизации работы состоит из двух этапов:

- разработка модели;
- разработка алгоритма оптимизации.

Применение техник имитационного моделирования расширяет возможности традиционных CASE-средств и языков организационного моделирования и обеспечивает:

- визуализацию бизнес-процессов, возможности проводить анализ узких мест в динамике;
- возможности сбора и анализа количественных, временных и стоимостных показателей эффективности бизнес-процессов;
- проведение ABC-анализа с привязкой к процессам в реальном времени;
- выполнение реинжиниринга, сравнение по количественным показателям вариантов «как есть» и «как должно быть» (с применением статистических тестов);
- оптимизацию бизнес-процессов с применением развитых

генетических алгоритмов.

В общем виде задачу оптимизации можно описать следующим образом: имеется n деталей, которые необходимо обработать на L станках. При этом необходимо составить расписание работы оборудования, очередность запуска деталей в производство и размеры партий запуска, которые будут удовлетворять одновременно нескольким критериям оценки качества расписания.

Основные критерии, по которым можно оценить эффективность производственного расписания:

1. Минимизация длительности цикла изготовления деталей

$$T_{\text{опт}} = T \rightarrow \min$$

где T - общее время производственного цикла.

$$T = \sum_{k=1}^n \left(\sum_{j=1}^n T_{ij} + \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \right)$$

где T_{ij} - длительность цикла технологической операции i -ой партии деталей, α_{ij} - длительность простоя перед началом выполнения j -ой технологической операции над i -ой партией деталей.

2. Максимизация среднего коэффициента загрузки технологического оборудования (максимизация загрузки оборудования)

$$K_{\text{оптз}} = \frac{1}{m} * \sum K_3 \rightarrow \max, \text{ или } K_{\text{оптз}} = \frac{1}{m} * \sum K_3 \rightarrow \min$$

где m - количество оборудования, K_3 - коэффициент загрузки i -го оборудования.

Коэффициент загрузки i -го оборудования определяется отношением времени производительной работы к общему времени по формуле:

$$K_3 = \frac{\sum_{j=1}^n T_{ij}}{\sum_{j=1}^n T_{ij} + \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}}$$

3. Минимизация временных затрат на перенастройку оборудо-

вания:

$$t_H = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \tau_{ij} \rightarrow \min$$

где t_H - общее время, затраченное на перенастройку оборудования, τ_{ij} - время, затраченное на перенастройку i -го станка j -ый раз, n - количество перенастроек, т.е. фактически необходимо минимизировать количество перенастроек:

$$n \rightarrow \min$$

При этом необходимо учитывать следующие ограничения:

1. Ограничения по объемам изготовления:

$$N_{пл} = N_{ф}$$

где $N_{ф}$ - фактическое изготовленное количество деталей i -го типа ($i=1 \dots K$), $N_{пл}$ - заданное в производственной программе количество деталей i -го типа, K - номенклатура изготавливаемых деталей.

2. Ограничения по срокам изготовления:

$$T_{пл} \geq T_{ф}$$

где $T_{ф}$ - фактический срок изготовления i -ой детали ($i=1 \dots K$), $T_{пл}$ - директивный срок изготовления i -ой детали.

3. Ограничение по фонду времени работы технологического оборудования:

$$\sum_{i=1}^n N_{пл} \sum_{j=1}^m T_{ij} \leq R_i$$

где T_{ij} - длительность выполнения технологической операции, R_j - ресурс i -ой группы оборудования.

В реальных условиях производства на функционирование цеха оказывают влияние различные возмущающие воздействия $\{V_k\}$, которые приводят к отклонениям выпуска деталей от производственной программы.

Задачей управления является обеспечение выпуска продукции согласно производственной программе ($N_{пл}$) по количеству и в установленные сроки при эффективном использовании ресурсов (R_j) в условиях действия возмущений (V_k). Обеспечение высокой эффективности использования ресурсов (R_j) и функционирования цеха в целом достигается за счет оптимизации расписаний работы оборудования.

Процесс изготовления деталей D_i ($i=1 \dots n$) разбивают на технологические операции O_{ij} ($i=1 \dots n$; $j=1 \dots m$). Детали одного типа объединяются в транспортные партии и в разрезе расписаний рассматриваются как технологическая единица. Каждая операция может быть выражена:

$$O_{ij} = \langle H_{ij}, T_{ij} \rangle ,$$

где H_{ij} - номер группы технологического оборудования; T_{ij} - продолжительность выполнения операции.

Технологический маршрут представляет собой последовательность выполняемых операций, которые проходит i -я деталь в процессе обработки:

$$M_i = \langle O_{i1}, O_{i2} \dots O_{im} \rangle$$

Операция O_{ij} должна выполняться без перерыва с самого начала. Если обозначить через t_{ij} - время начала выполнения операции O_{ij} , а через t'_{ij} - момент окончания обработки, то должно выполняться равенство:

$$t'_{ij} = t_{ij} + T_{ij}$$

Очевидно, что время начала обработки зависит от времени выполнения предыдущих операций и всегда выполняется неравенство:

$$t_{ij} \leq t_{ij+1}$$

Тогда совокупность $\{t_{ij}\}$ ($i = 1 \dots n$; $j = 1 \dots m$), удовлетворя-

ющих всем технологическим и временным ограничениям, является расписанием работы.

Для построения адекватной модели технологического комплекса используется объектно-ориентированный подход. В качестве алгоритма оптимизации используется генетический алгоритм.

$$C_i^1 = [m_1, m_2 \dots m_n], C_i^2 = [k_1, k_2 \dots k_n]$$

где m и k - натуральные числа, n - размер популяции

Первый уровень хромосом кодирует различные варианты последовательностей запуска деталей по их типам на технологический участок. Каждой хромосоме первого уровня сопоставляется хромосома второго уровня, в которой содержится информация о величине партий запуска для каждого типа детали. Начальные решения (хромосомы первой популяции) формируются случайным образом, затем генетический алгоритм производит перебор очередности и размеров партий запуска, поступающих в обработку.

Порядок выполнения практической работы:

1. Изучение ПС аддитивного производства (посещение лаборатории аддитивных технологий). Получение текущего производственного задания;
2. Построение имитационной модели;
3. Анализ эффективности работы ПС;
4. Выбор критериев и ограничений;
5. Добавление в модель Genetic Algorithms (GAWizard);
6. Анализ работы и эффективности ПС.

2 ВЫПОЛНЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. Откройте Tecnomatix Plant Simulation, создайте отдельный Frame – AM.

2. Добавьте в модель объекты производственной системы: Источник деталей – Source, технологическое оборудование – SingleProc, склад готовой продукции – Drain. Для управления симуляцией – EventController. Пример приведен на рисунке 1.

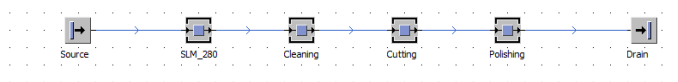
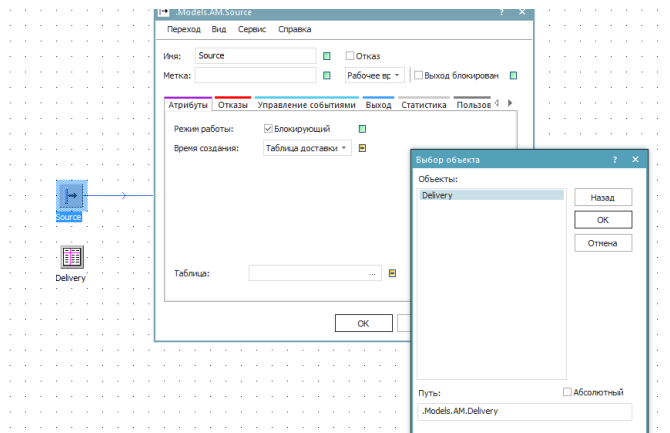


Рисунок 1 – Производственная система

3. Для определения производственного задания создайте таблицу - TableFile (вкладка инструментов «Information Flow»), назовите ее «Delivery» (рисунок 2а). Откройте Source и во вкладке «Атрибуты» выберите Время создания – Таблица доставки, далее следует выбрать созданную таблицу Delivery.

Для создания деталей, необходимо в библиотеке классов MUs выбрать Entity и правой клавишей мыши нажать «Дублировать», клавишей F2 переименовать созданные Entity согласно производственному заданию.

Откройте таблицу Delivery, в столбце MU перенесите созданные Entity, определите количество каждой детали, ее имя, и атрибуты (рисунок 2б).



а

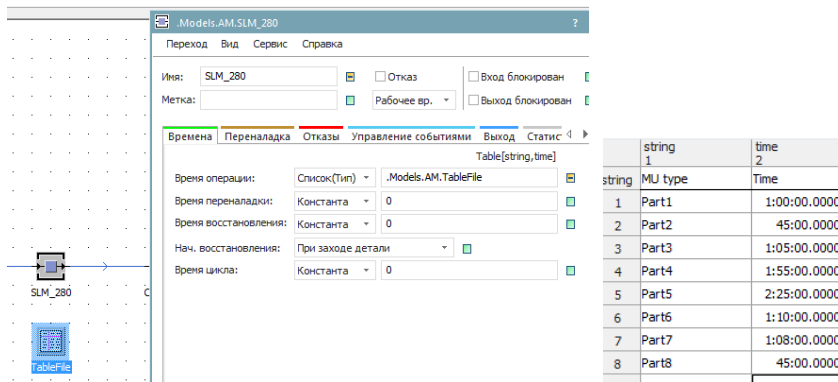
	time 1	object 2	integer 3	string 4	table 5
string	Delivery Time	MU	Number	Name	Attrib...
1	0.0000	.MUs.Part1	2	Part1	a
2	0.0000	.MUs.Part2	1	Part2	b
3	0.0000	.MUs.Part3	3	Part3	c
4	0.0000	.MUs.Part4	5	Part4	d
5	0.0000	.MUs.Part5	1	Part5	e
6	0.0000	.MUs.Part6	1	Part6	f
7	0.0000	.MUs.Part7	2	Part7	g
8	0.0000	.MUs.Part8	4	Part8	h
9	0.0000	.MUs.Part9	3	Part9	i

б

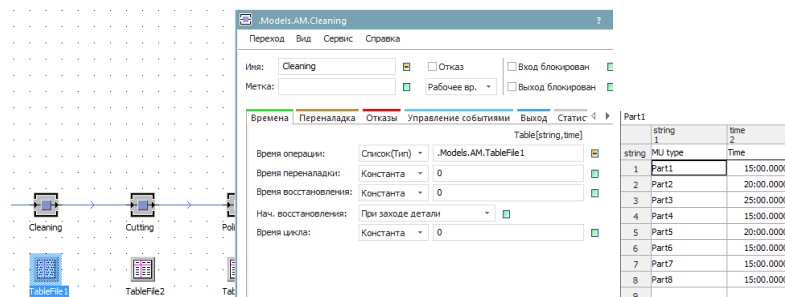
Рисунок 2 – Создание производственного заказа

4. Далее создайте TableFile для первого SingleProc с определением времени обработки/изготовления каждой детали согласно заданию из таблицы Delivery (рисунок 3а). Откройте SingleProc, во вкладке «Времена» выберите Список (Тип) – TableFile.

Для создания TableFile для остальных SingleProc скопируйте и вставьте (Ctrl+C, Ctrl+V) TableFile. Аналогичным образом выберите новые TableFile для оставшихся SingleProc. Измените время операции (рисунок 3б).



а



б

Рисунок 3 – Задание времени обработки

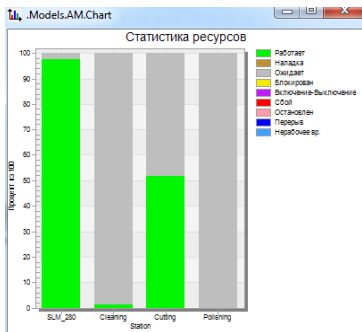
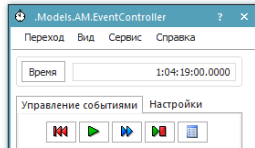
5. Добавьте в модель из панели объектов «User Interface» объект Chart для анализа работы ПС, перетащите на объект все SingleProc, выбрав параметр «Статистика ресурсов».

6. Запустите симуляцию. Проведите анализ работы ПС: изучите Накопленную статистику деталей, определите время производственного цикла, откройте Chart, у каждого SingleProc просмотрите Статистику, откройте Drain и проанализируйте Статистику типа.

Время моделирования: 1:04:19:00.0000

Накопленная статистика деталей, уничтоженных стоком

Объект	Имя	Среднее время жизни	Пропускная способность	ТРН	Производство	Транспорт	Хранение	Значение добавлено	Часть
Drain	Part1	2:11:00.0000	2	0	100.00%	0.00%	0.00%		77.10%
Drain	Part2	2:26:00.0000	1	0	100.00%	0.00%	0.00%		58.90%
Drain	Part3	2:44:20.0000	3	0	100.00%	0.00%	0.00%		64.50%
Drain	Part4	4:21:00.0000	5	0	100.00%	0.00%	0.00%		59.77%
Drain	Part5	5:01:00.0000	1	0	100.00%	0.00%	0.00%		61.79%
Drain	Part6	4:16:00.0000	1	0	100.00%	0.00%	0.00%		43.36%
Drain	Part7	2:58:00.0000	2	0	100.00%	0.00%	0.00%		61.24%
Drain	Part8	2:16:45.0000	4	0	100.00%	0.00%	0.00%		62.89%
Drain	Part9	2:42:40.0000	3	0	100.00%	0.00%	0.00%		64.55%



The screenshot shows the 'Models.AM.SLM_280' window. It has a menu bar with 'Переход', 'Вид', 'Сервис', and 'Справка'. Below the menu are fields for 'Имя: SLM_280' and 'Метка:'. There are checkboxes for 'Отказ', 'Вход блокирован', and 'Выход блокирован'. Below these are tabs: 'аладка', 'Отказы', 'Управление событиями', 'Выход', 'Статистика', and 'Импорту усл'. The 'Статистика' tab is active, showing 'Тип ресурса: Производство'. A checkbox 'Статистика ресурсов' is checked. The statistics are as follows:

Работа: 97.59%	Относ.занятость: 97.59%	Содержит: 0
Наладка: 0.00%	Отг. пустой: 2.41%	Хранит минимум: 0
Ожидание: 2.41%		Хранит максимум: 1
Блокировка: 0.00%		Вошло: 22
Вкл/выкл: 0.00%		Вышло: 22
Отказ: 0.00%		
Остановлен: 0.00%		
Пауза: 0.00%		
Перерыв: 0.00%		

The screenshot shows the 'Models.AM.Drain' window. It has a menu bar with 'Переход', 'Вид', 'Сервис', and 'Справка'. Below the menu are fields for 'Имя: Drain' and 'Метка:'. There are checkboxes for 'Отказ', 'Вход блокирован', and 'Выход блокирован'. Below these are tabs: 'аеналадка', 'Отказы', 'Управление событиями', 'Статистика', and 'Статистика типа'. The 'Статистика' tab is active, showing 'Статистика в зависимости от типа' checked. A checkbox 'Статистика в зависимости от типа' is checked. Below is a table titled 'Таблица детальной статистики':

Работа: 61.63%	Среднее время жизни: 3:08:49.0909
Наладка: 0.00%	Средний период выхода: 1:16:05.7143
Ожидание: 38.37%	Общая выработка: 22
Остановлен: 0.00%	Выработка в час: 0.78
Отказ: 0.00%	Выработка в день: 18.65
Перерыв: 0.00%	

Рисунок 4 – Анализ работы ПС

Выберите входные параметры для оптимизации модели:

1. Определение последовательностей.
2. Измерение производственных ресурсов.

Определите задачу:

1. Задача последовательности (найти нумерацию конечного заказа)
2. Задача распределения (найти значение конечного диапазона)

Определите критерии:

1. Сокращение времени простоя путем предотвращения времени ожидания.
2. Доставка по принципу «точно в срок».
3. Сокращение складских запасов и связанных с ними расходов.

7. В библиотеке классов -Tools выберете GAWizard. Из панели объектов - Сервис добавьте GAWizard в модель (рисунок 5).

Пять основных объектов GA для оптимизации:

- Количество и размер поколений,
- Параметры оптимизации (минимум или максимум)
- Условие прекращения
- Определение выбора родителей и потомства
- Элементы управления, например, для расчета пригодности
- Запись

GASequence: задача последовательности для заданного количества элементов.

GASelection: задача выбора определенного количества элементов.

GARangeAllocation: определить элемент диапазона между двумя границами.

GAllocation: определить элемент набора элементов.

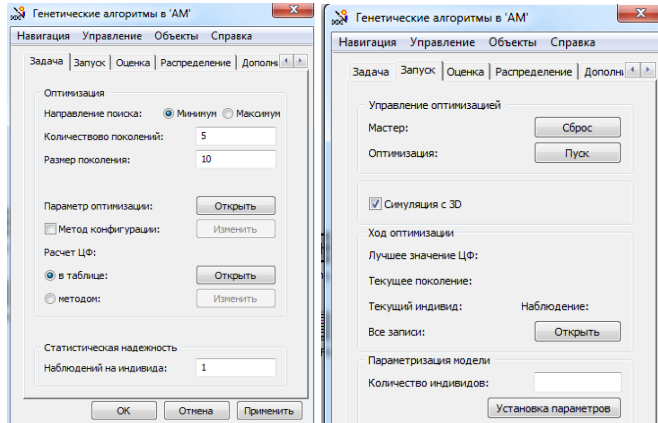


Рисунок 5 – Параметры GAWizard

8. Решите задачу определения оптимальной последовательности запуска в производство из таблицы доставки Delivery. Целевая функция определяется таблицей. Откройте таблицу и перетащите элемент EventController на GAWizard (рисунок 6). Для задач последовательности подходит размер поколения от 20 до 70.

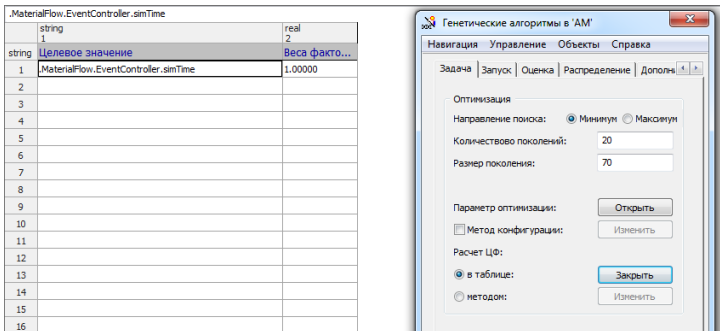


Рисунок 6 – Задание целевой функции

Нажмите клавишу Shift-Key и перетащите таблицу доставки Delivery на GAWizard. Оптимизация запускается на второй вкладке GAWizard - Запуск. Результаты оптимизации могут отображаться на третьей вкладке - Оценка.

9. Запустите оптимизацию GAWizard. После оптимизации откройте таблицу Delivery посмотрите новую последовательность запуска (рисунок 7).

0.0000								
	time 1	object 2	integer 3	string 4	table 5	integer 6	integer 7	string 8
string	Delivery Time	MU	Number	Name	Attrib...	Orig	Chrom	
1	0.0000	.MUs.Part5	1	Part5	e	5	1	
2	0.0000	.MUs.Part8	4	Part8	h	8	2	
3	0.0000	.MUs.Part4	5	Part4	d	4	3	
4	0.0000	.MUs.Part6	1	Part6	f	6	4	
5	0.0000	.MUs.Part2	1	Part2	b	2	5	
6	0.0000	.MUs.Part1	2	Part1	a	1	6	
7	0.0000	.MUs.Part3	3	Part3	c	3	7	
8	0.0000	.MUs.Part9	3	Part9	i	9	8	
9	0.0000	.MUs.Part7	2	Part7	g	7	9	
10								

Рисунок 7 – Результаты перераспределенного производственного заказа

10. Запустите симуляцию модели с перераспределенным производственным заказом и проведите анализ параметров ПС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Steffen Bangsow Manufacturing Simulation with Plant Simulation and SimTalk: Usage and Programming with Examples and Solutions. — Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. — 300 с.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ
АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА
В TЕСNOMATIX PLANT SIMULATION**

Методические указания

Составители: *Кокарева Виктория Валерьевна*

Редактор

Доверстка

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Печ.л. .

Тираж экз. Заказ . Арт. С - / 2017

Самарский университет
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.