

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

В.В. КОКАРЕВА

ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКА SIMTALK

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве учебного пособия для выполнения лабораторной работы

САМАРА
Издательство Самарского университета
2017

УДК 658.5 (075)

Авторы: ***В.В. Кокарева***

Рецензент: д.т.н. Хаймович И.Н.

Построение имитационных моделей технологических процессов с использованием языка SimTalk: учеб. пособие. / сост. В.В. Кокарева - Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. - 30 с.

В учебном пособии рассмотрены методы и средства имитационного моделирования с использованием языка SimTalk

В ходе выполнения лабораторной работы студентами создаются производственные системы и проводится анализ их деятельности, осваиваются инструменты Method в приложении имитационного моделирования Tecnomatix Plant Simulation .

Учебное пособие предназначено для выполнения лабораторной работы студентами, обучающимися в рамках дисциплины «Технологическая подготовка современного производства».

Пособие также может быть использованы студентами при выполнении курсовых и дипломных проектов.

Выполнено на кафедре технологий производства двигателей.

© Самарский университет, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСКРЕТНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ	5
2 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	11
3 ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	14
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	29

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие предназначено для выполнения лабораторной 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, упражнения для выполнения лабораторной работы и контрольные вопросы.

Выполнение студентом лабораторной работы проводится с целью изучения и освоения:

- Языка SimTalk
- Приложения Tecnimatix Plant Simulation
- Атрибутов основных объектов производственной системы
- Методов и функций SimTalk
- Создания модели участка с управлением потоков деталей

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

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

В результате выполнения лабораторной работы студент создает имитационные модели производственных систем с использованием программных методов SimTalk, регулирующих создание, перемещение и обработку деталей на участке.

1 ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСКРЕТНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Концепция имитационного моделирования становится все более популярной для решения тактических задач анализа поведения бизнес-процессов промышленного предприятия. Применение техник имитационного моделирования расширяет возможности традиционных CASE-средств 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.

Бизнес-процессы на предприятии существуют в контексте рыночных отношений. При организации и оптимизации бизнес-процессов объектом внимания все чаще становится синергетический фактор, когда повышение эффективности осуществляется за счет взаимовлияния факторов, участвующих в таких интегрированных бизнес-процессах, как разработка нового изделия и его производство, сбыт и снабжение ресурсами, обслуживание станков и т. п.

Имитационные модели всегда динамические - это позволяет исследовать поведение моделируемого бизнес-процесса как развивающегося процесса по определенной траектории в течение некоторого периода модельного времени, что позволяет предсказывать будущие

состояния, тенденции развития с учетом их взаимодействия и влияния факторов внешней среды в условиях неопределенности.

С помощью имитационной модели можно провести анализ узких мест, что обусловлено динамической природой имитационной модели, устранить их, выявить имеющиеся проблемы, предложить решения по повышению производительности, сокращению временных потерь и стоимостных затрат на эксплуатацию производственной системы.

Главная польза от применения имитационного моделирования производственных систем заключается в том, что оно позволяет мастеру или начальнику цеха получить представление о влиянии «локальных» изменений в масштабе всей производственной системы. Если изменение вносится на некоторой рабочей станции, его влияние на работу этой станции будет вполне предсказуемым, а заранее определить, каким образом оно скажется на работе системы в целом, будет затруднительно. Имитационная модель позволяет провести анализ влияния изменений в плане на интегральные характеристики системы.

Имитационное моделирование используется для анализа, планирования и оптимизации производственных систем. Имитационная модель предоставляет возможность оценки и сравнения большого количества альтернатив построения системы и использования сложных и множественных стратегий управления (управления ресурсами, персоналом, запасами, транспортировкой и др.) и сценариев работы производства, сложных управляющих алгоритмов и бизнес-правил, с целью выбора оптимальных.

Под *дискретными* понимают производственные системы, в которых процессы и оперирование выполняется над отдельными деталями, полуфабрикатами, узлами и т.п. Могут рассматриваться производственные процессы, связанные как с производством штучных изделий, так и поточное производство. Дискретные имитационные мо-

дели производственных процессов применяются для решения широкого класса задач на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях планирования.

Задачи *стратегического планирования* встают перед проектировщиками в случае создания новых или модернизации существующих производств. Основной целью является оценка функционирования производственной системы на горизонте моделирования (обычно от недели до года) и вычисление основных производственных показателей. По результатам моделирования принимается решение о типах и количестве единиц оборудования, о топологии системы и правилах организации материалопотоков. Имитационная модель является основой принятия производственных решений и выбора производственной системы, оценки возможностей развития системы или внедрения таких подходов, как «just-in-time», «just-in-sequence», инструментом проигрывания сценариев «что-если» без вмешательства в реальный процесс, например, при переходе на новый тип изделия или в условиях расширения номенклатуры выпускаемых изделий, наращивания производственной мощности или замены существующего оборудования на более технологичное.

Тактическое планирование подразумевает решение таких задач, как: оценка текущего состояния и эффективности функционирования действующей производственной системы; анализ узких мест на производстве; выбор рациональной организационно-технологической структуры, включая формирование и синхронизацию основных материальных потоков в пределах производственной системы, выбор необходимого состава оборудования и рабочих ресурсов для выполнения технологического процесса.

Например, при формировании портфеля заказов, может потребоваться оценка того, как в условиях привлечения дополнительных заказов выполняется соответствие фактических сроков выполнения

заказов плановым ограничениям.

Оперативное и календарное планирование направлено на построение графика производства на короткий период времени - от часов до дней. С помощью имитационной модели осуществляется текущее планирование, составление расписания загрузки технологического оборудования, разрабатывается оперативно-плановое задание или сменно-суточное задание для персонала, выполняется расчет графика поступления заказов (деталей) и оснастки производственного участка, решаются задачи диспетчирования (способы и правила назначения деталей на обработку), формируются оптимальные технологические маршруты прохождения деталей в процессе производства и т.п.

Основой для решения каждого из перечисленных типов задач может служить одна и та же имитационная модель производственной системы, детализированная и настроенная с учетом особенностей решаемого класса задач. Так, для решения стратегических задач, потребуются временные характеристики процессов, заданные с помощью усредненных параметров распределения соответствующих характеристик. Для тактического планирования потребуется сбор и обработка статистики по временным процессам, показателям надежности оборудования, полученной с реальной системы. Для оперативного планирования параметры надежности и статистические распределения параметров теряют свою актуальность и заменяются на графики использования основных ресурсов производства и движения материальных потоков.

Имитационное моделирование позволяет не только оценить, но и повысить эффективность функционирования производственных систем, за счет:

- увеличение производительности (числа деталей, выпускаемых в единицу времени),

- сокращение времени пребывания деталей в системе;
- уменьшение запасов деталей в процессе производства;
- увеличение занятости, сокращение простоев станков и рабочих;
- обеспечение своевременной доставки комплектующих и оснастки к производственным местам;
- сокращение потребностей в капитале (земля, производственные помещения, станки и т.п.) или эксплуатационных расходов (затрат на выполнение процессов, хранение, транспортировку и др.).

Имитационное моделирование позволяет решить следующие задачи:

1) Оценка потребностей в ресурсах (оборудование и персонал) и их рациональное использование:

- 1) количество, тип и расположение станков для выполнения определенной задачи (например, выпуск 1000 деталей в неделю);
- 2) требования к погрузочно-разгрузочным устройствам и другому вспомогательному оборудованию (например, поддоны и приспособления для закрепления);
- 3) расположение складских площадей и объем материально-производственных запасов;
- 4) оценка изменений в объеме продукции или ассортименте изделий (например, влияние новых товаров);
- 5) оценка влияния установки нового оборудования (например, робота) в существующую производственную линию.

2) Оценка производительности:

- 1) анализ производительности;
- 2) анализ времени пребывания в системе и непроизводительного времени;
- 3) анализ недостатка ресурсов.

3) Оценка технологических операций, различных стратегий и сценариев работы:

1) технологическое проектирование и производственное планирование (например, оценка предлагаемых режимов выдачи заказов цеху, определение объемов партии продукции, загрузка деталей на рабочую станцию и установление последовательности прохождения деталями рабочих станций в системе);

2) стратегии синхронной работы (синхронизация материалопотоков в контуре производственной системы)

3) стратегии управления запасами комплектующих деталей или сырья;

4) стратегии управления транспортировкой (например, для конвейерного устройства или автоматизированной транспортной системы);

5) анализ надежности (например, влияние надежности оборудования на работу производственной системы, профилактического обслуживания).

Вопросы для контроля:

1. Что такое имитационная модель?
2. Какие системы называются дискретными?
3. Для каких типов планирования применяется дискретное моделирование?
4. За счет каких инструментов имитационного моделирования можно повысить эффективность производственной системы?
5. Для каких производственных задач применяется дискретное имитационное моделирование?

2 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Производственный процесс. Производственный процесс разделяется на отдельные производственные операции, или элементы (рабочие места, станции, установки, агрегаты). Примеры типичных производственных операций: механическая обработка детали, сборка изделия, контроль качества изделия, покраска, упаковка.

2. При реализации алгоритмов имитационных моделей, выделяют три абстрактные операции:

Операция обработки (резание, сверление, фрезерование, ковка, штамповка) - операции, связанные с изменением свойств детали;.

Операция сборки - акт производственного процесса над совокупностью полуфабрикатов (в операции участвуют не менее двух полуфабрикатов), в результате изменяется состояние ведущего полуфабриката за счет присоединения к нему ведущих.

Алгоритмические или операционные правила при описании операции сборки:

- момент наступления операции зависит от наличия всех полуфабрикатов;

- по окончании операции остается один полуфабрикат (копии активностей сцепляются).

Операция управления - регулирование, подача полуфабрикатов к станку в зависимости от длины и элементов очереди. В производственных системах применяют метод приоритетных очередей и другие действия, связанные с контролем хода производства (операция может выполняться как устройством, так и оператором).

3. Длительность процесса (T), может быть:

- детерминированной - в этом случае жестко определяются закономерности синхронизации отдельных операций в данном произ-

водственном процессе (например, для станков с ЧПУ);

- случайной - задается в модели функцией распределения времени выполнения операции со случайным отклонением.

В лабораторной работе при построении производственной системы в Tecnomatix Plant Simulation нужно определить состав ее элементов, а также типы распределений длительности процессов для всех элементов и параметры законов этих распределений.

При описании производственной системы необходимо задать следующие основные характеристики (переменные):

1) число станков;
2) индивидуальные отношения (номер станка - номер операции);

3) функция распределения времени обработки.

4) моменты поступления партии деталей в систему и их атрибуты;

5) приоритеты партий деталей: порядок обработки деталей одного типа на станке (строго фиксированный - каждая очередная операция выполняется на определенном станке, свободный - на любом доступном станке из множества станков);

6) маршрутные технологии.

С помощью инструментов Simtalk моделирования производственной системы следует определить следующие показатели эффективности работы:

- производительность;
- количество выпущенных изделий, прошедших обработку; объем готовой продукции;
- объем незавершенного производства;
- время пребывания деталей в системе или среднее время, затрачиваемое на обработку всех видов деталей (продолжительность производственного цикла);

- время межоперационного пролеживания, продолжительность пребывания деталей в очередях (время пролеживания деталей) за весь цикл производства или на отдельных фазах производственного процесса (т.е. на отдельных операциях, рабочих местах (станках), буферных складах);
- продолжительность транспортировки;
- загрузка - степень использования совокупного ресурса (или ресурса времени групп станков).

3 ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Упражнение №1 FlowControl

1) Создайте в Tecnomatix Plant Simulation модель производственной системы, указанной на рисунке 1, состоящей из объектов: Source, SingleProc с названием quality, FlowControl, 2 объекта Line – Line_nio и Line_io, 2 объекта Drain – Drain_nio и Drain_io. Для использования языка SimTalk необходимо добавить объект Method. Данная модель отражает ситуацию, когда объект – деталь после технологической операции Quality распределяется FlowControl в зависимости от ее качества: качественная деталь приобретает атрибут – true, в модели с индексом nio, а бракованная деталь приобретает атрибут false – io,

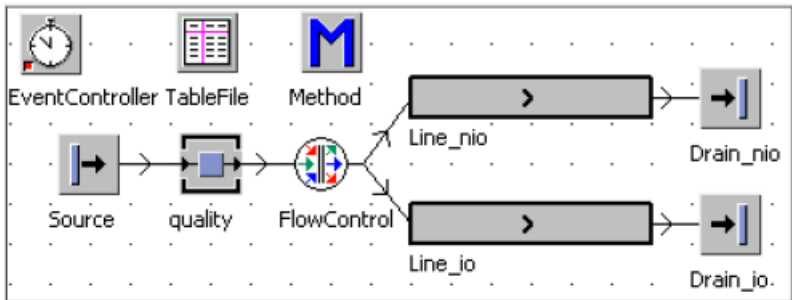


Рисунок 1 – Исходная модель: параметры объекта Line: длина 3 м, скорость 1 м/с.

2) Создайте объект MU с названием «part». Создайте пользовательский атрибут: Имя: nio, Тип данных: boolean. Дублируйте MU с названием «part». Создайте пользовательский атрибут: Имя: io, Тип данных: boolean.

3) 10% MU должно иметь значение «false» для атрибута «io». Остальные части получают значение «true». Распределение будет про-

изводиться произвольно. Для производственного задания откройте объект Source: в диалоговом окне выберите опцию MU-SELECTION - RANDOM. Выберите TableFile (рисунок 2).

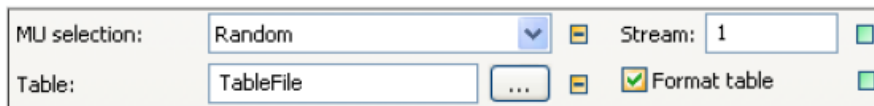


Рисунок 2 – Параметры Source

4) Откройте TableFile, дважды щелкнув по нему. Введите значения, указанные на рисунке 3, в таблицу:

	object 1	real 2	string 3	table 4
string	MU	Frequencies	Name	Attributes
1	.MUs.part	0.90		attribute
2	.MUs.part	0.10		attribute

Рисунок 3 – Параметры TableFile

Перетащите MU «part» дважды в колонку object. Введите имя в столбце Attributes, нажав клавишу F2, введите имя атрибута (io) и значение (true / false) в поле с помощью типа данных (логический), рисунок 4:

	string 1	integer 2	boolean 3	string 4
string	Name of Attribute			
1	io		true	

Рисунок 4 – Атрибуты MU

5) Откройте вкладку «Exit Strategy» и выберете Method, рисунок 5.

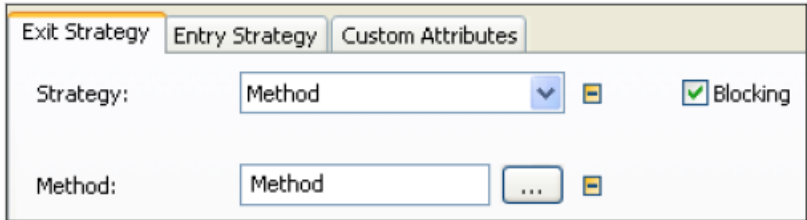


Рисунок 5 – Выходная стратегия Source

- 6) Введите следующий код в метод:

```
(r : integer) : integer
is
do
  if @.io=true then
    return 1;
  else
    return 2;
  end;
end;
```

- 7) Задайте атрибуты FlowControl (рисунок 6): на вкладке «Exit Strategy» выберете стратегию:

START AT SUCCESSOR 1: FlowControl пытается всегда передавать MU на приемник 1. Если приемник 1 свободен, каждый MU будет двигаться к нему. MU передается следующему приемнику (2) только в том случае, если перемещение на приемник 1 невозможно (неисправно, занято).

CYCLIC: FlowControl пытается переместить MU на основе недавней передачи следующего объекта (из списка приемников).

SELECTION: FlowControl пытается переместить MU на приемник, который соответствует определенному свойству.

BLOCKING означает, что если приемник не может получить детали, FlowControl ждет, пока он не освободится.

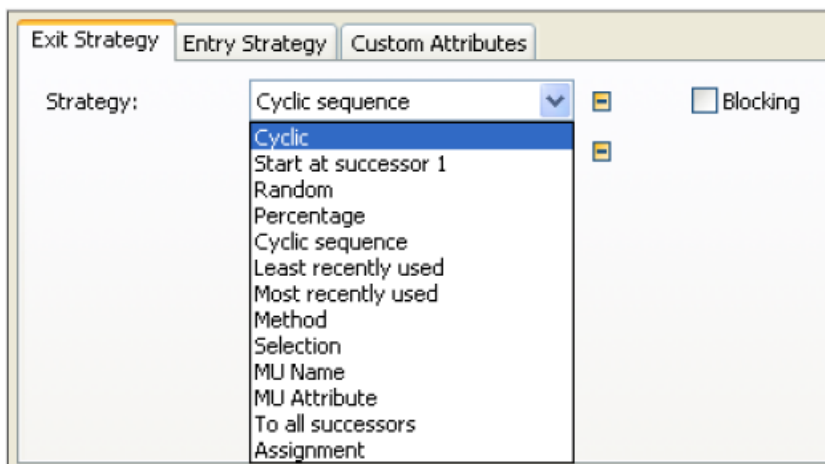


Рисунок 6 – Выходная стратегия FlowControl

8) Запустите симуляцию и проведите анализ работы производственной системы.

Упражнение №2 Replacement Machine

1) Создайте в Tecnomatix Plant Simulation модель производственной системы, указанной на рисунке 7, состоящей из объектов: Source, 3 объектов SingleProc: Station_1, Station_2, replacement_machine, Drain. Деталь с Station_1 передается на Station_2, если Station_2 не работает, Station_1 должен доставлять детали на replacement_machine.

2) Откройте Station_1 на вкладке «Exit Strategy», выберите Method. Назовите Method – replace_mach.

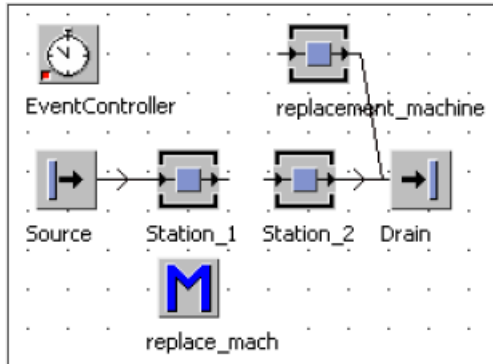


Рисунок 7 – Исходная модель

- 3) Откройте «replace_mach» и введите следующий код:

```

is
do
    if Station_2.operational=false then
        @.move(replacement_machine);
    else
        @.move(Station_2);
    end;
end;

```

- 4) Запустите симуляцию и проведите анализ работы производственной системы.

Упражнение №3 Production Costs and Working Assets

- 1) Создайте в Tecnomatix Plant Simulation модель производственной системы, указанной на рисунке 8, состоящей из объектов: Source, 3 объектов SingleProc: turning, milling, drilling, Buffer, Drain. Необходимо оценить затраты.

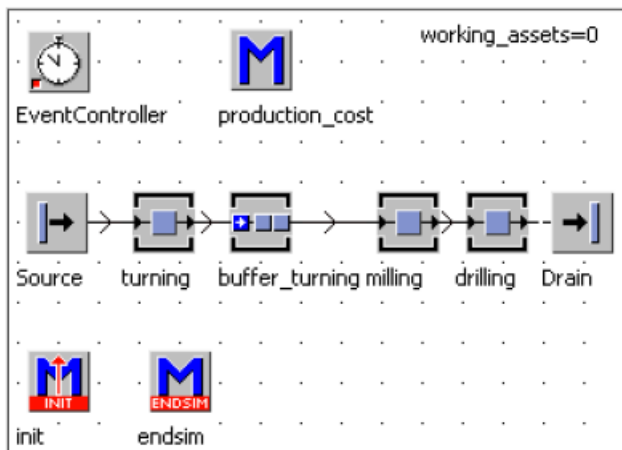


Рисунок 8 – Исходная модель

Материальные затраты на незавершенную часть составляют € 24,95, средняя заработная плата на производстве 36 €/час.

2) Задайте время обработки: turning - 1 минута, milling – 1 минуты, drilling - 1 минута.

3) Создайте объект MU «part», который должен иметь свойство “production_cost” (тип данных real): дважды щелкнув на MU в библиотеке классов, выберите USER-DEFINED ATTRIBUTES – NEW (рисунок 9).

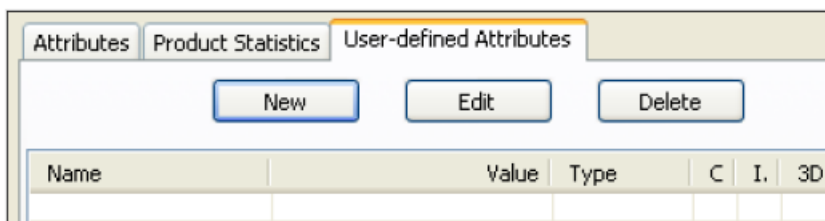
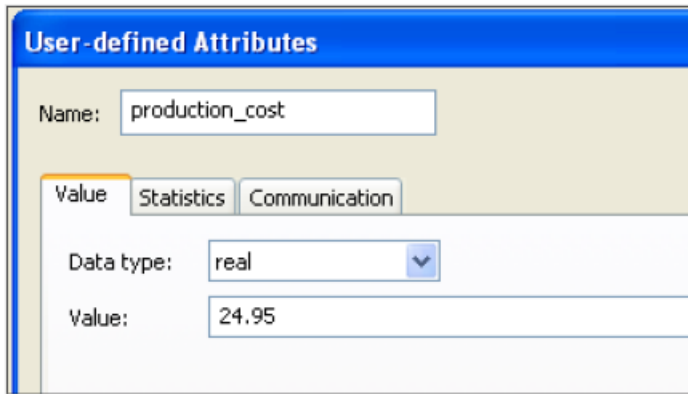


Рисунок 9 – Атрибуты MU

4) В диалоговом окне введите следующие значения (рисунок 10):



The screenshot shows a dialog box titled "User-defined Attributes". It has a "Name" field with the text "production_cost". Below this, there are three tabs: "Value", "Statistics", and "Communication". The "Value" tab is active, showing a "Data type" dropdown menu set to "real" and a "Value" field containing the number "24.95".

Рисунок 10 – Задание атрибута «production_cost»

Для оценки затрат станки - SingleProc должны иметь атрибут «wage», в которые вводятся значения станко-часа.

5) Откройте объекты SingleProc и введите параметры атрибутов согласно значениям на рисунке 11.

Name	Value	Type	C	I	3D
wage	36	real	*		

Рисунок 11 - Задание атрибута SingProc

6) Откройте Method, переименуйте его в production_cost введите следующий код:

```

is
do
    @.production_cost:=
    @.production_cost+((?.procTime/3600)*?.wage));
    -- procTime in seconds!
end;

```

7) Чтобы определить оборотные средства - working assets, необходимо определить их стоимость - создайте Method EndSim:

```

is
    i:integer;
do
    if turning.occupied then
        working_assets:=
        working_assets+turning.cont.production_cost;
    end;
    if milling.occupied then
        working_assets:=
        working_assets+milling.cont.production_cost;
    end;
    if drilling.occupied then
        working_assets:=
        working_assets+drilling.cont.production_cost;
    end;
    --query each place individually
    if Buffer_turning.occupied then
        from i:=1; until i=Buffer_turning.capacity loop
            if Buffer_turning.pe(i).cont /= void then
                working_assets:=working_assets+
                Buffer_turning.pe(i).cont.production_cost;
            end;
            i:=i+1;
        end;
    end;
end;
end;

```

8) Запустите симуляцию и проведите анализ работы производственной системы.

Упражнение №4 Lot Change

1) Создайте в Tecnomatix Plant Simulation модель производственной системы, указанной на рисунке 11, состоящей из объектов: Source, объекта SingleProc, PlaceBuffer, Drain. SingleProc - это фрезерный центр, который последовательно обрабатывает различные производственные заказы. Детали требуют различного времени установки. Перед перемещением детали на SingleProc необходимо провести установку приспособлений и инструментов. Необходимая информация должна централизованно храниться в TableFile.

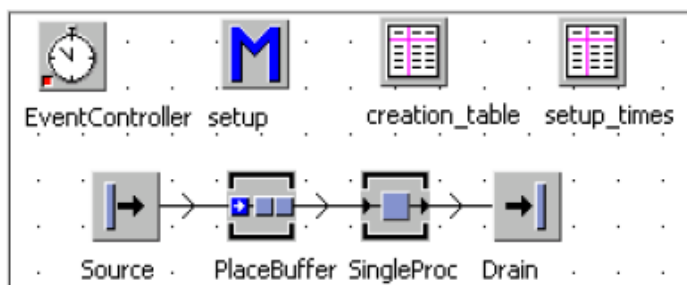


Рисунок 11 – Исходная модель

2) Откройте Source и задайте следующие параметры: интервал поставки заготовок – через 1 час 30 минут, активировать blocking; создать три объекта MU: p1, p2, p3. MU Selection – Cycle (рисунок 12).

Используйте TableFile «creation table» для распределения деталей:

Interval:	Const	1:30	<input type="checkbox"/>
Start:	Const	0	<input type="checkbox"/>
Stop:	Const	0	<input type="checkbox"/>
MU selection:	Sequence Cyclical	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Generate as batch
Table:	creation_table	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Format table

Рисунок 12 – Параметры Source

3) Введите следующие значения в TableFile «creation table»:

	object 1	integer 2	string 3
string	MU	Number	Name
1	.MUs.P1	5	
2	.MUs.P2	10	
3	.MUs.P3	5	

4) Задайте в PlaceBuffer емкость - 100 деталей.

5) Введите следующие значения TableFile «setup_time»

	string 0	time 1	time 2
string		setup_time	dismantling_time
1	P1	10:00.0000	5:00.0000
2	P2	13:00.0000	3:00.0000
3	P3	20:00.0000	5:00.0000

Время настройки станка состоит из времени демонтажа старой детали (уже расположенной на машине) и времени установки для новой детали. Настройка с P1 на P2 может занимать, например, 5 + 13 минут = 18 минут. Время установки должно быть назначено рабочей станции до того, как машина начнет настраиваться (автоматически каждый раз, когда приходит MU с другим именем).

Атрибуты и методы настройки SingleProc:

<path>.setUp - определяет, настроен ли объект в настоящий момент (true, если объект настроен).

<path>.setUpFor(<mu>) - триггеры, устанавливающие объект для определенного класса MU. Необходимое время зависит от значения времени установки для объекта.

<path>.isSetUpFor - возвращает имя MU (строка), для которого объект настроен. Если объект не настроен для определенного MU, метод возвращает его на пустую строку.

<path>.setUpTime - устанавливает / получает время установки для объекта

<path>.automaticSetUp - запускается автоматически, когда к объекту приходит другой класс MU.

6) Запрограммируйте установленный метод для PlaceBuffer:

```
is
  former : string;
do
  -- read the set-up time from the table
  -- set the attribute setUpTime
  former:=singleProc.isSetUpFor;
  if former="" then
    --the first part only set-up
    singleProc.setUpTime:=
      setup_times["setup_time",@.name];
  else
    -- former part dismantling_time
    -- recent part setUp_time
    singleProc.setUpTime:=setup_times["setup_time",
      @.name] + setup_times["dismantling_time",former];
  end;
  @.move;
end;
```

7) Запустите симуляцию и проведите анализ работы производственной системы.

Упражнение №5 Построение имитационной модели производственного участка (самостоятельное выполнение)

1) Создайте новый Frame в Tecnomatix Plant Simulation.

2) В новом Frame создайте следующие объекты MU (используя функцию «дублировать»): Input shaft (B), Output shaft (C), Reducer (D), Box (E), Shaft covers (F), Bearing covers (G). Данные MU при сборке образуют новый MU - Gearbox (A).

3) Технологический процесс обработки MU приведен на рисунке 13. С помощью объектов Source, SingleProc, ParallelProc, Drain создайте модель производственной системы.

4) Задайте параметры времени для каждого SingleProc, ParallelProc: на вкладке Times добавьте значения для «operation time», «set up».

№	COMPONENT	TASK	OPERATION TIME	SET UP	SET UP (after #pieces)
1	Input Shaft	Cutting	15	4	35
		Turning	90	10	30
		Pinion	45	15	40
		Keyway	20	10	50
2	Output Shaft	Cutting	20	6	35
		Turning	120	15	30
		Keyway	25	10	50
3	Reducer	Cutting	200	20	35
		Rolling	15	20	50
		Welding	20	10	35
		Pre-machining	120	20	20
		Turning	150	15	30
		Jagged	120	15	20
		Keyway	20	10	50
4	Box	Cutting	150	15	35
		Welding	170	20	35
		Rolling	50	20	40
		Pre-machining	120	20	20
		Tailing	180	40	10
5	Shaft Covers	Cutting	30	10	35
		Welding	80	20	35
		Turning	40	10	30
6	Bearing Covers	Cutting	20	10	35
		Turning	50	10	30
		Assembly	150	15	40
		Measure control	45	5	1
		Testing	40	5	1
		Painting	35	5	1

Рисунок 13 – Параметры технологического процесса

Пример построенной модели представлен на рисунке 14.

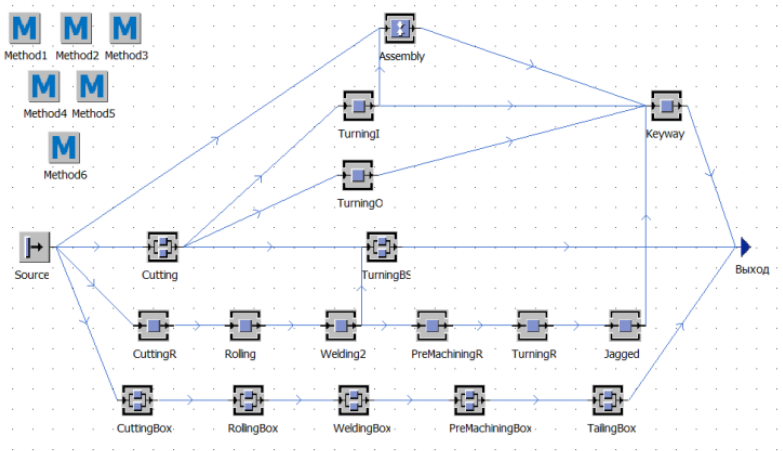


Рисунок 14 – Производственная модель

5) Для объектов TurningI, Cutting, Welding2, TailingBox, TurningBS, Source создайте во вкладках «Exit Strategy» соответствующие Method: Method1, Method2, Method3, Method4, Method5, Method6.

6) С помощью языка SimTalk опишите каждый Method:
Method1

```

if @.name = "InputShaft"
    @.move(Assembly)
elseif @.name = "OutputShaft"
    @.move(Keyway)
end
    
```

Method2

```
if @.name = "Box"  
  @.move(WeldingBox)  
else  
  @.move(Welding2)  
end
```

Method3

```
if @.name = "InputShaft"  
  @.move(TurningI)  
elseif @.name = "OutputShaft"  
  @.move(TurningO)  
elseif @.name = "ShaftCovers"  
  @.move(Welding2)  
else  
  @.move(TurningBS)  
end
```

Method4

```
if @.name = "Reducer"  
  @.move(PreMachiningR)  
else  
  @.move(TurningBS)  
end
```

Method5

```
if @.name = "InputShaft"  
  @.move(.Models.OriginalScenario.BInputShaft)  
elseif @.name = "OutputShaft"  
  @.move(.Models.OriginalScenario.BOutputShaft)  
elseif @.name = "Reducer"  
  @.move(.Models.OriginalScenario.BReducer)  
elseif @.name = "Box"  
  @.move(.Models.OriginalScenario.BBox)  
elseif @.name = "ShaftCovers"  
  @.move(.Models.OriginalScenario.BShaftCovers)  
else  
  @.move(.Models.OriginalScenario.BBEaringCovers)  
end
```

Method6

```
if @.name = "InputShaft"  
    @.move(Cutting)  
elseif @.name = "OutputShaft"  
    @.move(Cutting)  
elseif @.name = "Reducer"  
    @.move(CuttingR)  
elseif @.name = "Box"  
    @.move(CuttingBox)  
elseif @.name = "ShaftCovers"  
    @.move(Cutting)  
elseif @.name = "Pinion"  
    @.move(Assembly)  
else  
    @.move(Cutting)  
end
```

7) Запустите симуляцию и проведите анализ работы производственной системы: загрузка оборудования, величина НЗП, пропускная способность, длительность производственного цикла.

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.

**ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКА SIMTALK**

Учебное пособие

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.