

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Уфимский государственный авиационный технический университет

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
В ПАКЕТЕ ARENA**

Методические указания
к дипломному проектированию

УФА 2007

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Уфимский государственный авиационный технический университет

Кафедра автоматизированных систем управления

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
В ПАКЕТЕ ARENA

Методические указания
к дипломному проектированию

УФА 2007

Составители: В.Ю. Арьков, Е.Н. Середа

УДК 519.87 (07)

ББК 22.18 (я7)

Имитационное моделирование экономических информационных систем в пакете Arena: Методические указания к дипломному проектированию/ Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: В.Ю. Арьков, Е.Н. Середа.– Уфа, 2007.– 25 с.

Содержатся основные сведения, необходимые для работы с программным продуктом Arena – инструментом имитационного моделирования для построения динамических моделей и их оптимизации. Приведена схема экспорта модели из BPWin/IDEF3 в Arena.

Предназначены для студентов 5-го курса специальности 080801 – «Прикладная информатика (в экономике)» при создании математической модели в процессе дипломного проектирования.

Табл. 7. Ил. 26. Библиогр.: 10 назв.

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. Бакусов Л.М.
канд. техн. наук, доц. Насыров Р.В.

© Уфимский государственный авиационный
технический университет, 2007

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа №1. Моделирование СМО в пакете Arena	5
1.Цель работы	5
2.Теоретические сведения	5
3.Порядок выполнения работы	5
4.Задания для моделирования	15
5.Контрольные вопросы.....	15
Лабораторная работа №2. Экспорт диаграммы IDEF3 в Arena	16
1.Цель работы	16
2.Теоретические сведения	16
3.Порядок выполнения работы	16
4.Контрольные вопросы.....	25
Список литературы.....	25

ВВЕДЕНИЕ

Дипломное проектирование по специальности ПИЭ включает этап построения математической модели объекта автоматизации либо информационной системы в целом.

В качестве математической модели ИС часто используются системы массового обслуживания (СМО). Это системы, которые обслуживают входящий поток заявок. На выходе имеем поток обслуженных заявок. В процессе обслуживания могут создаваться очереди конечной и бесконечной длины. Часть входящих заявок может получить отказ. Кроме того, различают одноканальные и многоканальные СМО.

Исходные данные для анализа: параметры распределения входящих и исходящих потоков, а также характеристики самой СМО, например среднее время обслуживания. В результате расчетов определяют такие характеристики СМО, как среднее число заявок в системе, средняя продолжительность пребывания заявок в системе, среднее число заявок в очереди, средняя продолжительность пребывания заявок в очереди, средняя длина очереди и т.д.

Такие модели исследуют двумя методами, дающими близкие результаты. Аналитические методы теории СМО позволяют выполнять вероятностные расчеты и вычислять теоретические значения характеристик СМО. Имитационное моделирование позволяет получить приблизительные оценки тех же параметров, причем с увеличением длительности моделирования они приближаются к теоретическим значениям. Имитационное моделирование можно использовать для исследования сложных систем, для которых непосредственное применение теории СМО затруднительно.

Данное методическое пособие описывает работу пакета имитационного моделирования **Arena** (фирма **Rockwell Software**). Система позволяет строить визуализированные имитационные модели, проигрывать их и анализировать результаты.

Одним из наиболее эффективных свойств данного инструмента является его интеграция со средством функционального моделирования **BPwin**, в котором имеется возможность экспорта диаграммы IDEF3 в имитационную модель **Arena**.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

МОДЕЛИРОВАНИЕ СМО В ПАКЕТЕ ARENA

1. Цель работы

Целью работы является ознакомление пользователя с графическим интерфейсом приложения **Arena**, получения практических навыков в построении простейшей имитационной модели и анализе результатов моделирования.

2. Теоретические сведения

Arena – система имитационного моделирования, которая позволяет создавать динамические модели разнородных процессов и систем, оптимизировать построенную модель. Программа **Arena** снабжена удобным объектно-ориентированным интерфейсом, обладает широкими функциональными возможностями по адаптации к различным предметным областям.

Основой технологии моделирования **Arena** являются язык моделирования **SIMAN** и анимационная система **Cinema Animation**. Отличается гибкими и выразительными средствами моделирования. Отображение результатов моделирования в **Arena** выполняется с использованием **Cinema Animation**. Процесс моделирования организован следующим образом. Сначала пользователь шаг за шагом строит в визуальном редакторе программы **Arena** модель. Затем система генерирует по ней соответствующий код на **SIMAN**, после чего автоматически запускается **Cinema Animation**.

Arena состоит из блоков моделирования (модули) и операций (сущности). Сущности двигаются между модулями по мере их обслуживания.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Построение простейшей имитационной модели

3.1.1. Запустите программу Arena, выбрав Программы\ **Rockwell Software\Arena 9.0** из меню Пуск.

Появится главное окно приложения (рис.1.1), которое содержит 3 области:

- Окно рабочего модуля;
- Окно свойств модулей;
- Окно проекта.

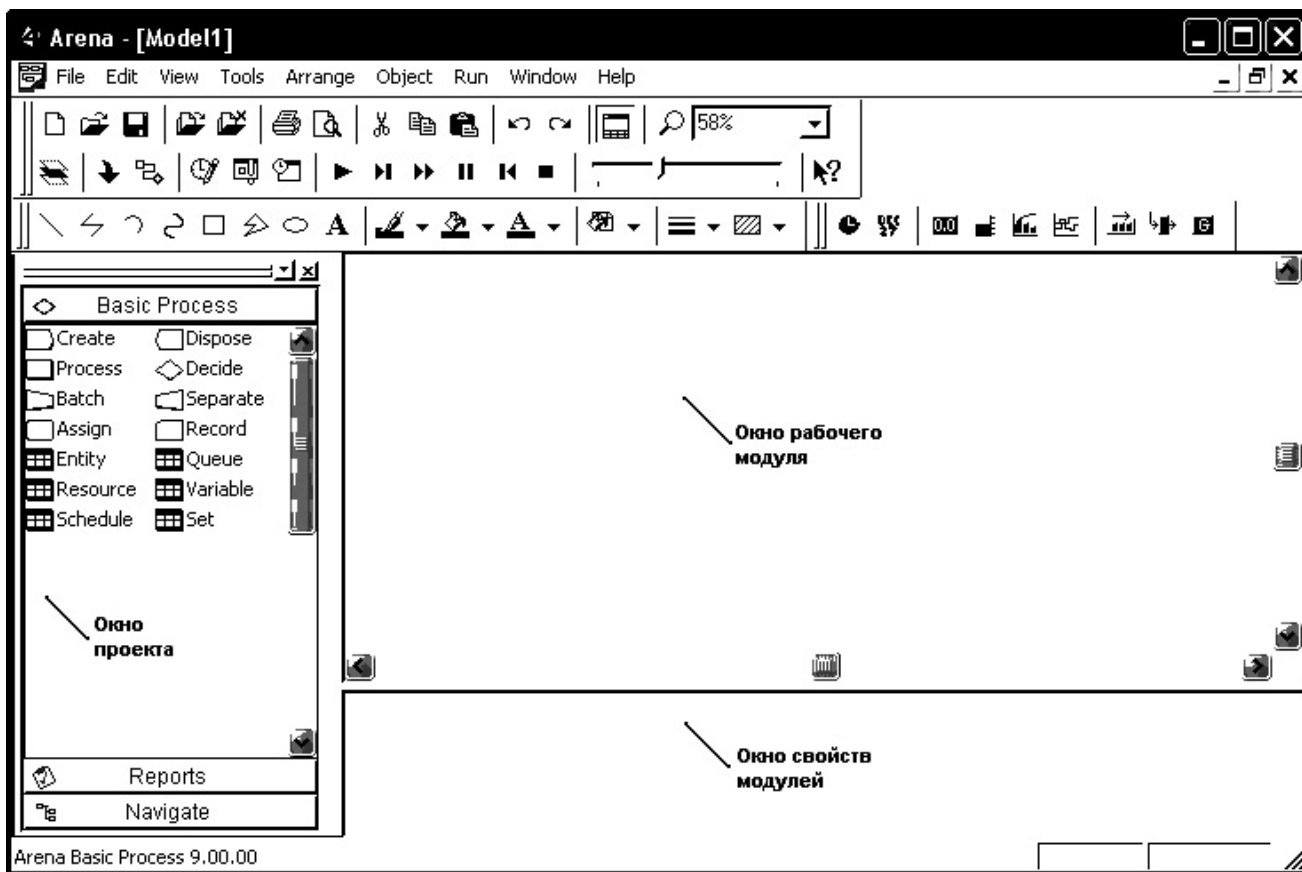









Рис. 1.1. Главное окно программы Arena
 Окно проекта включает в себя несколько панелей:
Basic Process (панель основных процессов)
Reports (панель отчетов)
Navigate (панель навигации)


В панели основных процессов **Basic Process** находятся основные графические модули и модули данных для создания простых имитационных моделей. Описание основных модулей приведено в табл. 1.1.

Таблица 1.1.

Основные модули панели **Basic Process**

Название модуля	Описание	Применение
1	2	3
Графический модуль Create  Create	Модуль создает поток входящих сущностей (заявки, люди, сообщения). В этом модуле определяется тип создаваемых сущностей и время их создания.	1) Прибытие документов в бизнес сфере (заказы, чеки); 2) Прибытие клиентов в сфере обслуживания (в магазин); 3) Начало изготовления продукции на производственной линии.

1	2	3
Графический модуль Process  Process	Модуль процесса обработки в системе. В модуле можно задавать стоимостные и временные характеристики процесса обработки сущности.	1) Проверка документов; 2) Выполнение заказов; 3) Обслуживание клиентов; 4) Обработка деталей.
Графический модуль Decide  Decide	Модуль позволяет учитывать принятие решений в модели. Включает опции принятия решений, основанных на условии или на вероятности. Если условие не выполняется, то сущности покидают систему через ветку False .	1) Разделение дел на срочные и несрочные; 2) Перенаправление недоделанных или сделанных неправильно работ на доработку.
Графический модуль Dispose  Dispose	Модуль является выходной точкой из имитационной модели.	1) Окончание бизнес процесса; 2) Клиенты покидают отдел.
Модуль данных Entity  Entity	Модуль определяет тип сущности и ее анимационную картинку в имитационном процессе, также определяет стоимостную информацию.	1) Документы: факсы, письма, отчеты; 2) Люди в моделях магазина, ресторана.
Модуль данных Queue  Queue	Модуль данных предназначен для изменения правила расстановки сущностей в очереди. По умолчанию: First in First out .	1) Стопка документов, ожидающих освобождения ресурса; 2) Очередь покупателей у кассы в магазине.
Модуль данных Resource  Resource	Модуль предназначен для определения ресурсов и их свойств. Может включать в себя стоимостную информацию о ресурсах и их вместимость.	1) Люди (клерки, продавцы, бухгалтеры, рабочие); 2) Оборудование (телефонная линия, станок, компьютер).

Модули помещаются в окно рабочего модуля методом “drag & drop”, соединяются с помощью коннектора .

3.1.2. Построим простую имитационную модель на примере работы рабочей станции. Время поступления запросов в систему экспоненциально распределено со средним значением 30 минут, число запросов не ограничено, в случае занятости обслуживающегося устройства запрос встает в очередь. Время обслуживания запросов экспоненциально распределено со средним значением 24 минуты.

3.1.3. Переместите модули **Create**, **Process** и **Dispose** в окно рабочего модуля, как это показано на рис. 1.2.

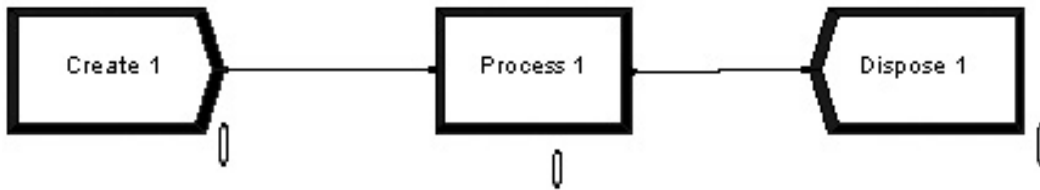


Рис. 1.2. Имитационная модель работы рабочей станции

3.1.3. Для задания свойств графическому модулю необходимо дважды щелкнуть по нему и в диалоге задать значения параметров.

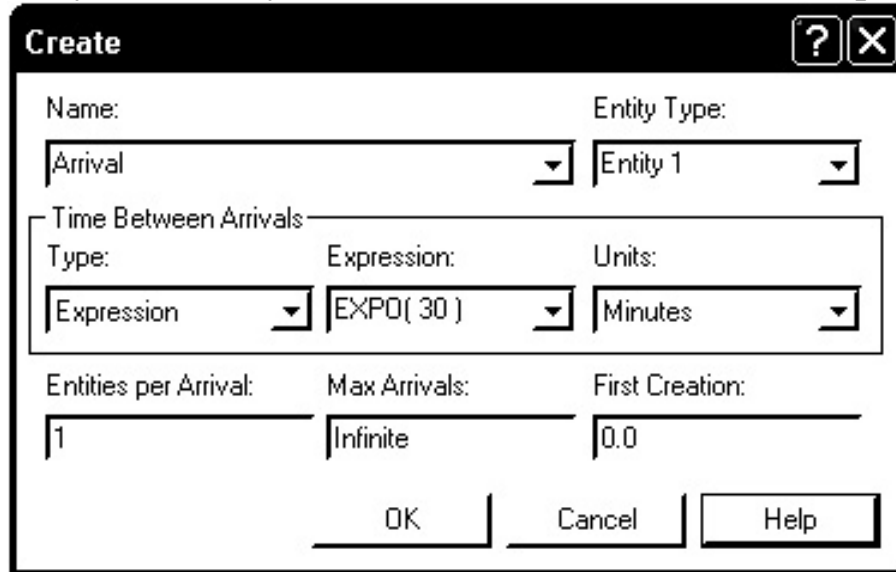


Рис. 1.3. Диалоговое окно свойств модуля **Create**

Таблица 1.2.

Параметры модуля **Create**

Параметры	Описание
1	2
Name	Уникальное имя модуля
Entity Type	Название типа сущности
Type	Способ формирования потока прибытия. Type может иметь значение Random (экспоненциальное выражение со средним значением, заданное в поле Value), Schedule (определяется модулем Schedule), Constant (постоянное значение) или Expression (поток прибытия будет формироваться по заданному распределению в поле Expression)
Value	Определяет среднее значение экспоненциального распределения (Random) или постоянное значение времени между прибытиями сущностей (если Type = Constant)
Schedule Name	Имя расписания, которое определяет характер прибытия сущности в систему

1	2
Expression	Этот параметр задает тип распределения или выражение, определяющее время между прибытиями сущностей в модель. Основные виды распределений: EXPO (Mean) – экспоненциальное распределение со средним значением Mean; NORM (Mean, StdDev) – нормальное распределение со средним значением Mean и стандартным отклонением StdDev; POIS (Mean) – пуассоновское распределение со средним значением Mean
Units	Единицы измерения времени между прибытиями (день, час, минута, секунда)
Entities per arrival	Количество сущностей входящих в систему за одно прибытие
Max arrivals	Максимальное число сущностей, которое может создать этот модуль; если бесконечное число, указывается Infinite
First creation	Время, через которое придет первая сущность в модель от начала симуляции

Рис. 1.4. Диалоговое окно свойств модуля **Process**

Поле **Resources** определяет ресурсы или группы ресурсов, которые будут обрабатывать сущности в этом модуле. Добавление ре-

сурса кнопкой Add, в появившемся окне (рис. 1.5) указать использование одного ресурса.

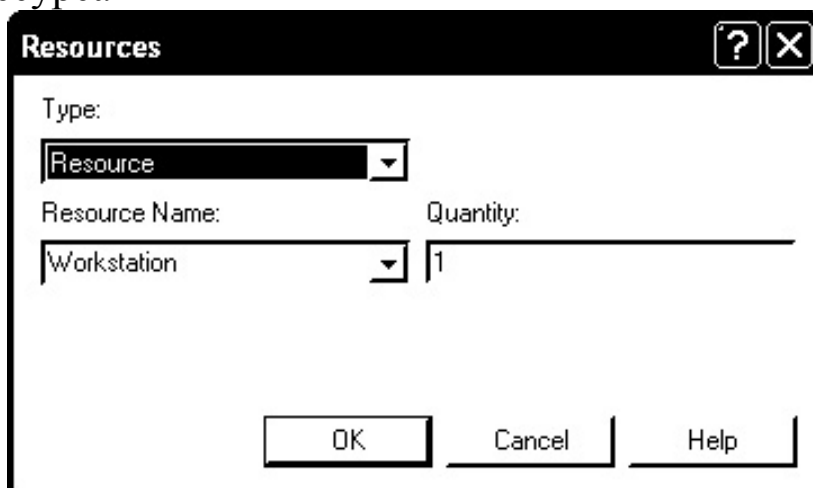


Рис. 1.5. – Диалоговое окно задания ресурсов в модуле **Process**

Таблица 1.3.

Параметры модуля **Process**

Параметры	Описание
1	2
Name	Уникальное имя модуля
Type	Определяет логическую схему модуля. Standard означает, что логическая схема находится внутри модуля и зависит от параметра Action . Submodel показывает, что логическая схема будет находиться ниже в иерархической модели. Подмодель может содержать любое количество логических модулей
Action	Тип обработки происходящей внутри модуля. Delay показывает, что процесс занимает какое-то время и не отражает использование ресурсов. Seize Delay указывает на то, что в этом модуле были размещены ресурсы и будет происходить задержка, ресурсы будут захватываться, и их освобождение будет происходить позднее. Seize Delay Release указывает на то, что ресурсы были захвачены, а затем через время освободились. Delay Release означает, что ресурсы до этого были захвачены сущностью, а в таком модуле сущность задержится и освободит ресурс. Все эти параметры доступны только, когда Type = Standard
Priority	Значение приоритета модулей, использующих один и тот же ресурс в модели
Resources	Определяет ресурсы или группы ресурсов, которые будут обрабатывать сущности в этом модуле
Delay Type	Тип распределения или процедура, определяющая параметры задержки
Units	Единицы измерения времени задержки (день, час, мин., сек.)

1	2
Allocation	Определяет стоимостные характеристики обработки. Value Added – означает учитывать стоимостные характеристики, а Non-Value Added не учитывать
Minimum	Поле, определяющее минимальное значение для равномерного и треугольного распределения
Maximum	Поле, определяющее максимальное значение для равномерного и треугольного распределения
Value	Поле, определяющее среднее значение для нормального и треугольного распределения или значения для постоянной временной задержки
Std Dev	Параметр, определяющий стандартное отклонение для нормального распределения
Expression	Поле, в котором задается выражение, определяющее значение временной задержки, если Delay Type = Expression

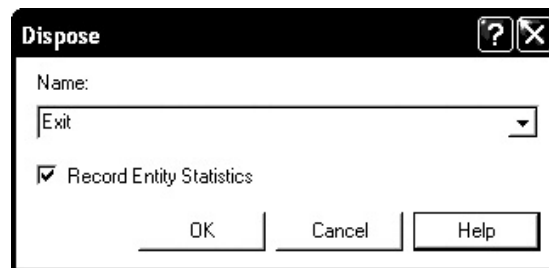
Рис. 1.6. Диалоговое окно свойств модуля **Dispose**

Таблица 1.4.

Параметры модуля **Dispose**

Параметры	Описание
Name	Уникальное имя модуля
Record Entity Statistics	Определяет, будет ли вестись статистика о выходе сущности из системы

После задания параметров каждого модуля модель примет вид:

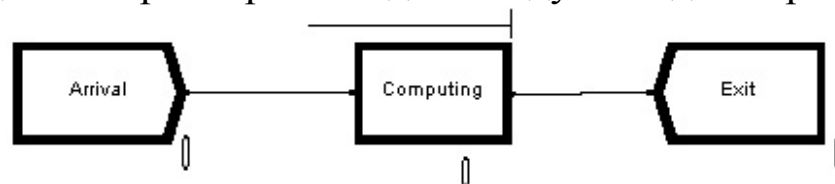


Рис. 1.7. Имитационная модель работы рабочей станции

3.1.4. Для задания длительности моделирования перейдите в меню **Run/Setup**. В поле **Replication Length** установите длительность 5000, а в поле **Time Units** единицу измерения времени **Minutes**. В **Base Time Units** также указывается **Minutes** для генерации отчета в минутах.

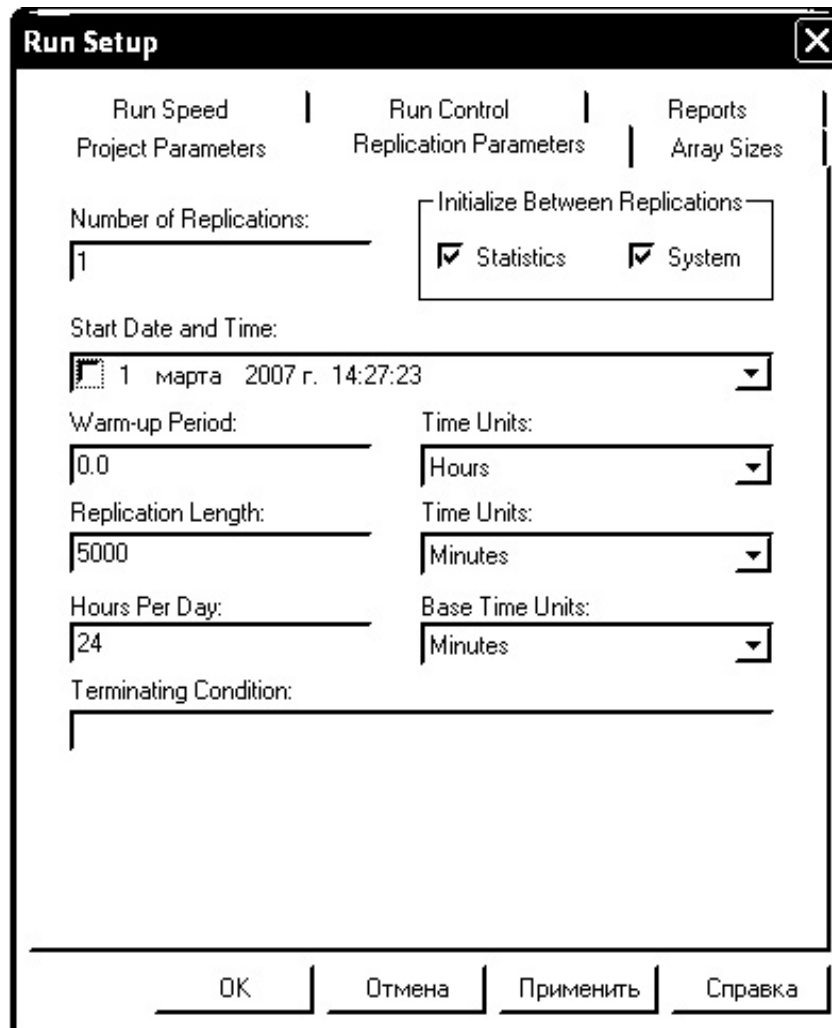



Рис. 1.8. Окно параметров моделирования

При сохранении модели в Arena создается файл с расширением **.doe** (например, **model1.doe**). При проверке модели при моделировании Arena автоматически создает следующие файлы:

- **model1.p** (программный файл)
- **model1.mdb** (файл базы данных Access)
- **model1.err** (файл ошибок)
- **model1.opw** (файл компонентов модели)
- **model1.out** (выходной файл SIMAN)

3.1.5. Проигрывание модели можно начать командой **Run/Go** или щелчком на значок  на верхней панели программы.

3.1.6. После проигрывания автоматически генерируются отчеты в формате Crystal Reports (рис. 1.10.). Посмотреть их можно, нажав «Да» в появившемся диалоговом окне.

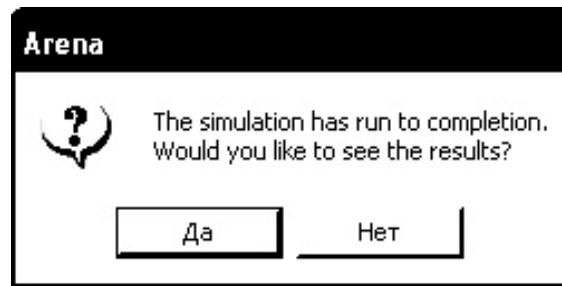


Рис. 1.9. Окно, появляющееся по завершению моделирования

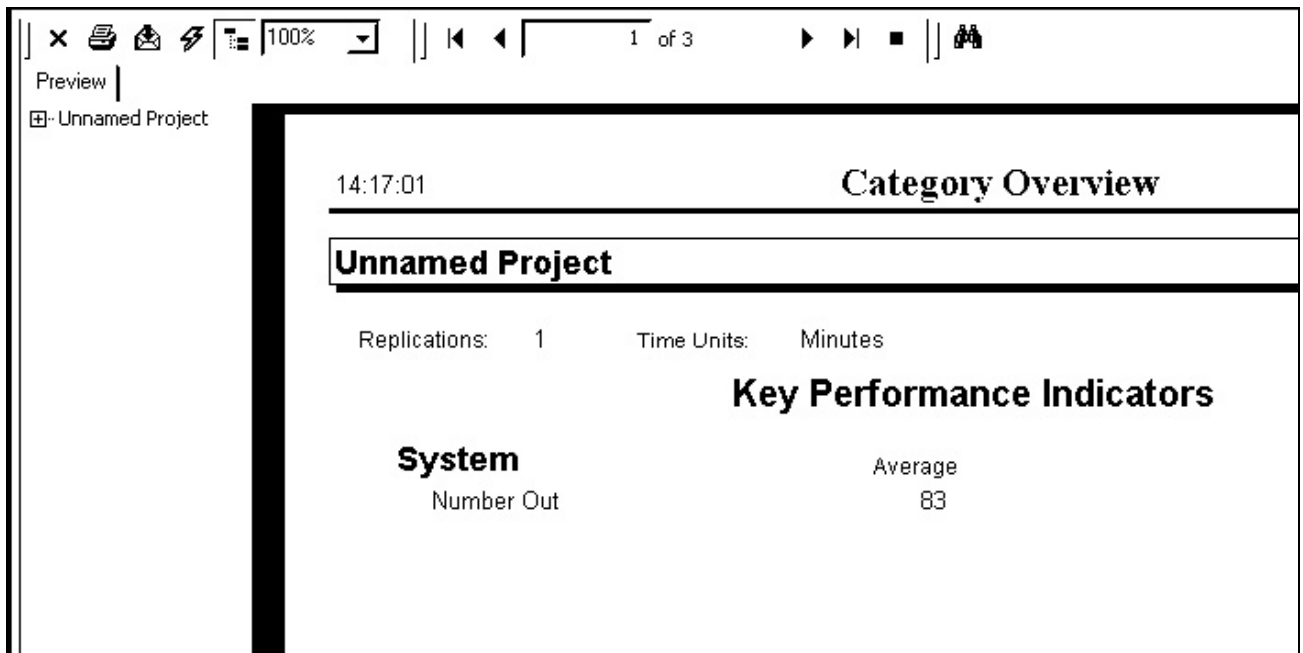


Рис. 1.10. Отчет по результатам проигрывания модели

Для просмотра подробного отчета, слева раскрыть директорию Unnamed Project.

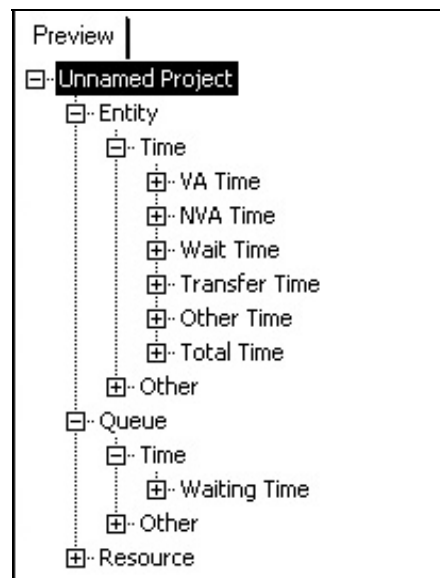


Рис. 1.11. Дерево основных параметров моделирования


3.1.7. В табл. 1.5 указаны значения основных характеристик СМО из отчета, ниже приведен анализ результатов моделирования.

Таблица 1.5.

Результаты моделирования модели

Характеристика	Где найти	Значение				
Средняя продолжительность пребывания запросов в системе	Панель слева – Preview Entity – Time – Total Time (Average) <table border="1"> <tr> <td>Total Time</td> <td>Average</td> </tr> <tr> <td>Entity 1</td> <td>127.30</td> </tr> </table>	Total Time	Average	Entity 1	127.30	127,30 минут
Total Time	Average					
Entity 1	127.30					
Среднее число запросов в очереди	Queue – Other – Number Waiting (Average) <table border="1"> <tr> <td>Number Waiting</td> <td>Average</td> </tr> <tr> <td>Computing.Queue</td> <td>3.0727</td> </tr> </table>	Number Waiting	Average	Computing.Queue	3.0727	3,07 запросов
Number Waiting	Average					
Computing.Queue	3.0727					
Средняя продолжительность пребывания запросов в очереди	Queue – Time – Waiting Time (Average) <table border="1"> <tr> <td>Waiting Time</td> <td>Average</td> </tr> <tr> <td>Computing.Queue</td> <td>100.41</td> </tr> </table>	Waiting Time	Average	Computing.Queue	100.41	100,41 минут
Waiting Time	Average					
Computing.Queue	100.41					
Среднее число запросов на обработке	Resource – Usage – Number Busy (Average) <table border="1"> <tr> <td>Number Busy</td> <td>Average</td> </tr> <tr> <td>Workstation</td> <td>0.7977</td> </tr> </table>	Number Busy	Average	Workstation	0.7977	0,80 запросов
Number Busy	Average					
Workstation	0.7977					
Средн. число запросов в системе (вычисляется самостоятельно)	Среднее число запросов в очереди (Number Waiting)+ среднее число запросов на обработке (Number Busy)	$3,07 + 0,80 = 3,87$				

По результатам моделирования видно, что СМО работает стационарно, т.е. не образуется бесконечной очереди; среднее число запросов в системе, равное 3,87, можно считать удовлетворительным.

3.1.8. Для повторного проигрывания модели необходимо остановить предыдущую симуляцию командой **Run/End** или щелчком на значок  на верхней панели окна программы.

3.2. Примеры сложных имитационных моделей в Arena

Модель сложного производственного процесса может включать множество модулей в **Arena**. В поставку **Arena** входит большое количество учебных примеров, находящихся в папке **Program Files\Rockwell Software\Arena 9.0.\Smarts**.

4. Задания для моделирования

1. Смоделировать работу системы обслуживания покупателей в кассе супермаркета, если известно, что поток покупателей имеет пуассоновское распределение со средним значением 5 минут (обозначается $POIS(5)$), а время обслуживания на кассе занимает от 2 до 10 минут с наиболее вероятным значением 3 минуты (используется распределение *Triangular*). Какое среднее время ожидания покупателей в очереди, если длительность моделирования составляет 15 часов?

2. Разобрать пример работы модели **Mortgage Extension 1**, открыв **C:\Program Files\Rockwell Software\Arena 9.0\Examples\Mortgage Extension 1**. Дать ответ на следующие вопросы:

- Какой процесс смоделирован?
- Что показывает график?
- Какой процент заявлений принят, а какой отклонен?

5. Контрольные вопросы

1. В чем особенность имитационного моделирования?
2. Какая основная цель имитационного моделирования?
3. Назовите основные части простой имитационной модели СМО в пакете Arena?
4. Какие возможности предоставляет пакет Arena для проектирования имитационных моделей?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ЭКСПОРТ ДИАГРАММЫ IDEF3 В ARENA

1. Цель работы

Целью работы является освоение технологии построения диаграммы IDEF3 с последующим ее экспортом в **Arena**, а также проведение сравнительного анализа результатов имитационного моделирования и аналитического решения.

2. Теоретические сведения

Эффект от создания имитационных моделей увеличивается благодаря предварительному анализу бизнес-процессов. Таким образом, функциональные модели и имитационные модели дополняют друг друга, при этом они могут быть тесно взаимосвязаны. Имитационная модель дает больше информации для анализа системы, в свою очередь результаты такого анализа могут стать причиной модификации модели процессов. Наиболее целесообразно сначала создать функциональную модель, а затем на ее основе строить модель имитационную. Для поддержки такой технологии инструментальное средство функционального моделирования **BPwin** имеет возможность экспорта диаграммы IDEF3 в имитационную модель **Arena**.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Построение модели IDEF3

3.1.1. Запустите программу **BPwin**, выбрав **Программы/ Computer Associates BPwin/BPwin**. В появившемся окне укажите имя файла и тип диаграммы **Process Flow (IDEF3)**.

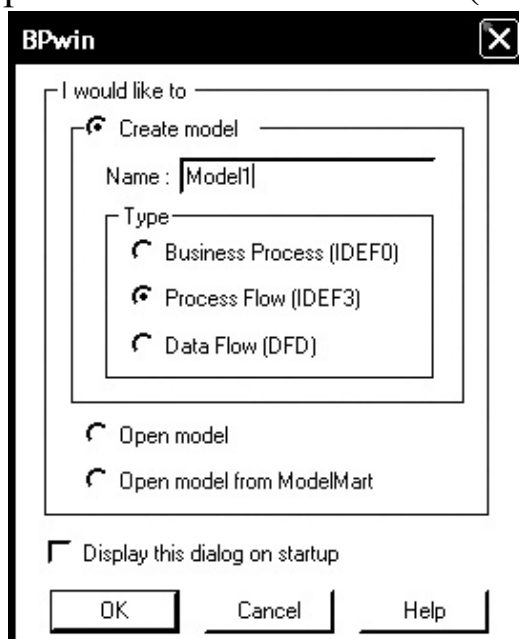



Рис. 2.1. Диалоговое окно при создании новой диаграммы

3.1.2. Рассмотрим пример построения IDEF3 модели «Диагностика автомобилей» для дальнейшего экспорта в Arena. При построении процессной модели используются ряд особенностей. Для задания начальных и конечных блоков процессной модели используется **Referent tool** .

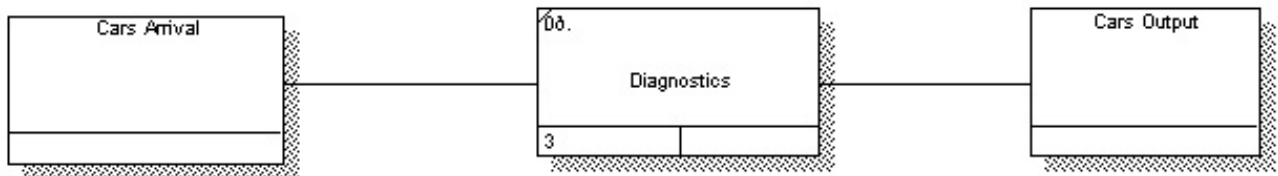


Рис. 2.2. Процессная модель «Диагностика автомобилей»

Названия блоков указываются на английском языке или транслитом, т.к. Arena не распознает кириллицу.

3.1.3. Стрелки от начальных и к конечным блокам задаются в стиле Referent.

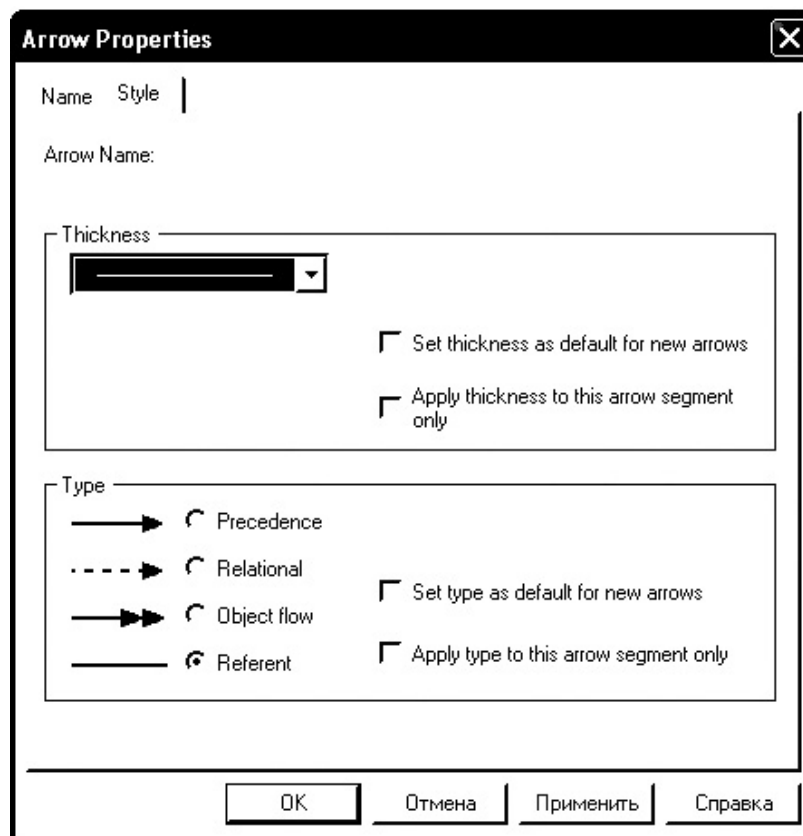


Рис. 2.3. Свойства стрелки (Arrow Properties)

3.1.4. Поскольку имитационная модель Arena должна содержать дополнительные параметры по сравнению с моделью IDEF3, в BPwin используются свойства **User-Defined Properties** (UDP), импорт которых предварительно осуществляется из файла ArenaBEUDPs.bp1. Для этого необходимо открыть модель **Program Files / Computer Associates / BPwin / Samples / Arena / Arena-**

BEUDPs.bp1 и, находясь в только что созданной модели с примером «Диагностики автомобилей», импортировать настройки командой **Model/Merge Model Dictionaries/**.

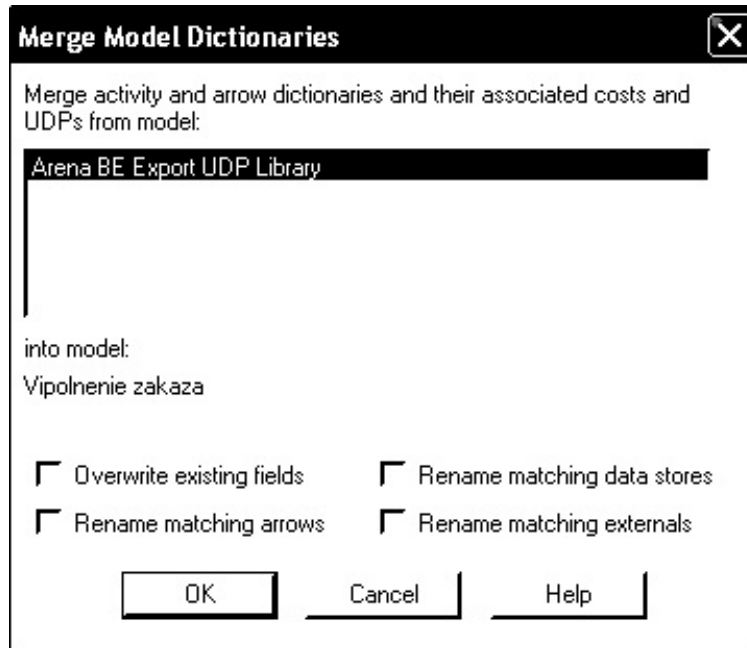


Рис. 2.4. Диалоговое окно Merge Model Properties

В результате в новой модели появятся следующие UDP настройки (**Dictionary/UDP/**) (рис. 2.5).

Name	UDP Datatype	Value	Keyword
Arena_?_AttributeName	Text		Arena_Decide
Arena_?_ConditionEvaluator	Text List (Single selection)	< <= <> =<= > >=	Arena_Decide Arena
Arena_?_ConditionType	Text List (Single selection)	Attribute Entity Type Expression Variable	Arena_Decide Arena
Arena_?_ConditionValue	Text		Arena_Decide
Arena_?_EntityName	Text		Arena_Decide
Arena_?_PercentTrue	Text		Arena_Decide
Arena_?_Type	Text List (Single selection)	By Chance By Condition	Arena_Decide Arena

Рис. 2.5. Словарь импортированных UDP настроек

3.1.5. Устанавливаем UDP настройки для каждого блока. Блок **Cars Arrival**, диалоговое окно которого показано на рис. 2.6., в динамической модели будет использоваться для генерирования приезда автомобилей на диагностику. Укажем, что интервалы времени между поступлением деталей имеют пуассоновское распределение со средним значением 1 час, что обозначается как POIS (1).

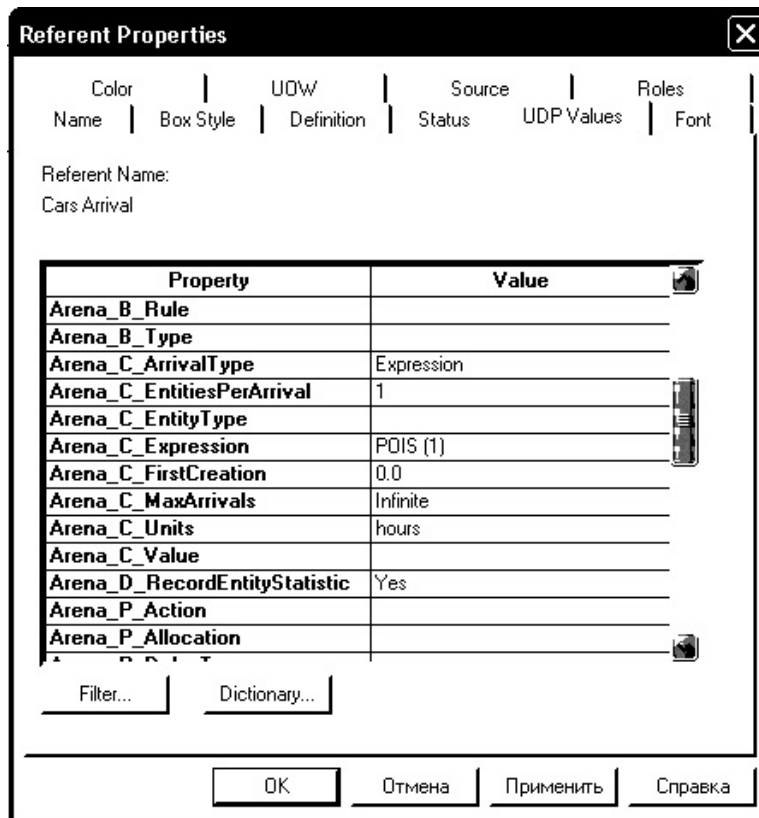


Рис. 2.6. UDP свойства блока **Cars Arrival**

Блок **Cars Arrival** соединяется с блоком **Diagnostics** (рис. 2.7.), в котором происходит процесс диагностики автомобилей. Продолжительность диагностики экспоненциально распределена со средним значением 0,7 часа.

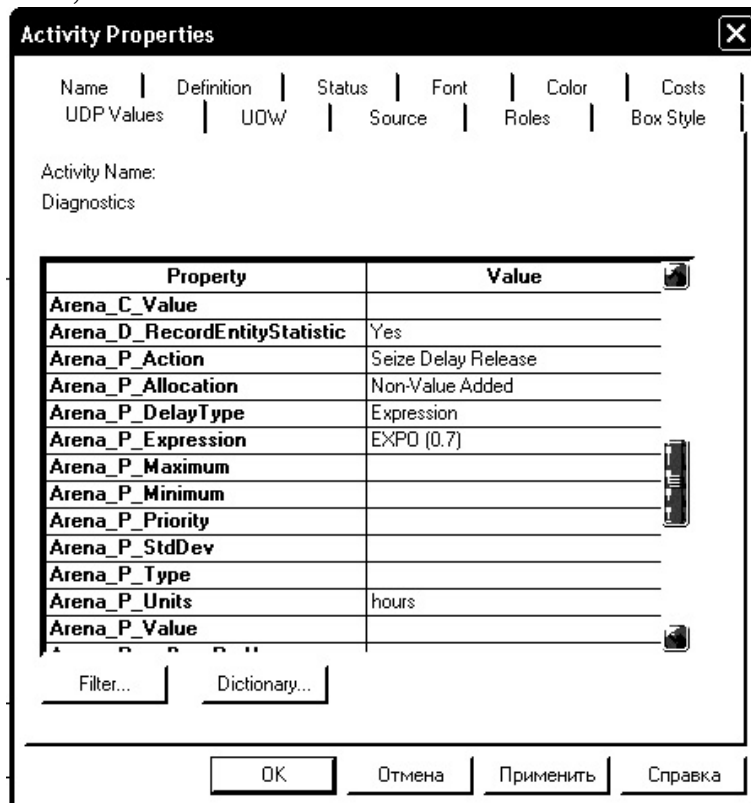


Рис. 2.7. – UDP свойства блока **Diagnostics**

В конечном блоке **Cars Output** указывается только галочка о сборе статистики.

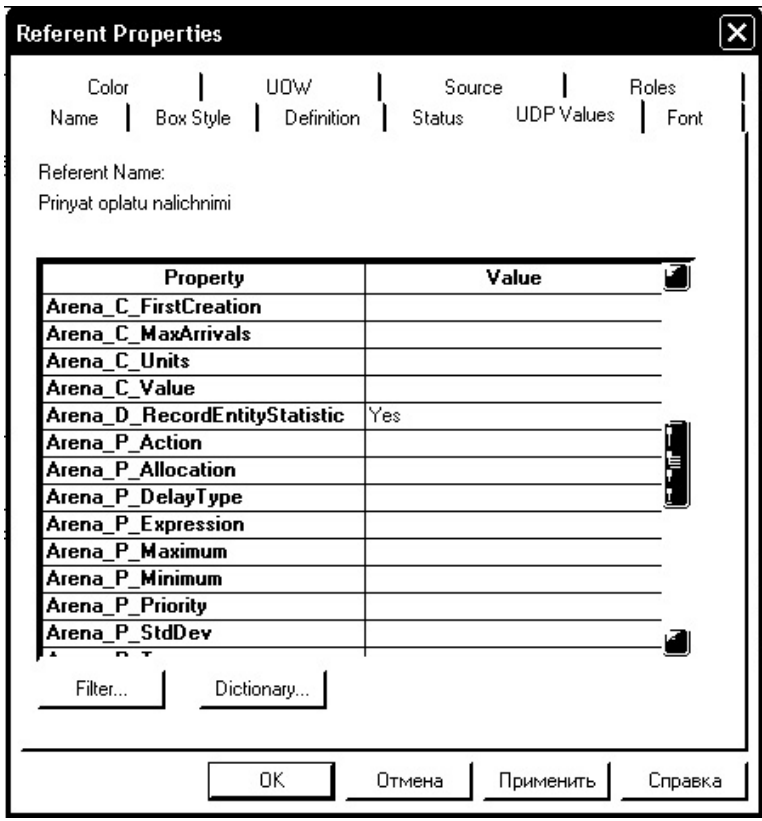


Рис. 2.8. UDP свойства блока **Cars Output**

3.1.6. После указания UDP на каждом блоке появляется скрепка:

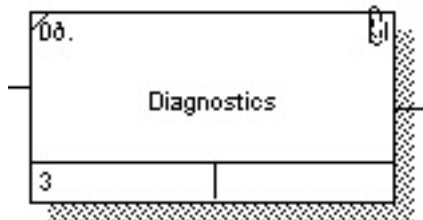


Рис. 2.9. – Блок **Diagnostics** с установленными UDP

3.1.7. Для успешного проигрывания модели необходимо добавить ресурс (люди, оборудование), который проводит диагностику. Ресурс задается при помощи стрелки «механизм», присоединенной к нижней стороне блока работы. Стрелка имеет стиль Relational.

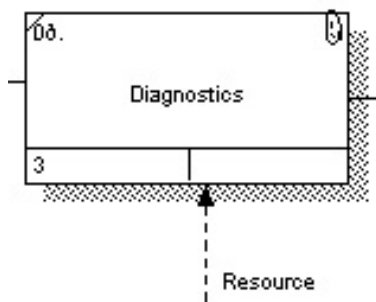


Рис. 2.10. Блок **Diagnostics** со стрелкой Resource

После задания имени стрелки появляется возможность указания ее дополнительных свойств. На вкладке UDP Values вписывается название ресурса и его количество. В нашем примере: ресурс – один мастер по диагностике.

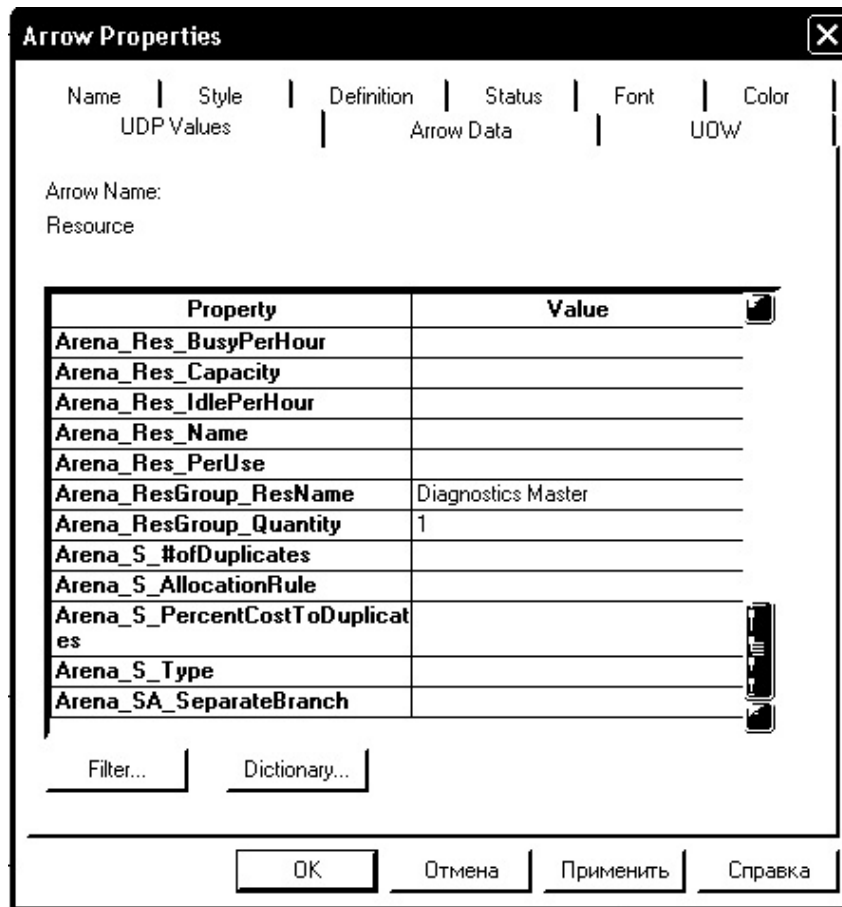


Рис. 2.11. Модель «Диагностика автомобилей» в IDEF3

Мастер может проводить диагностику только одного автомобиля в каждый момент времени; если мастер занят, автомобили встают в очередь и ждут, пока он освободится.

3.1.8. Перед экспортом в Arena модель в IDEF3 примет вид (рис. 2.12).

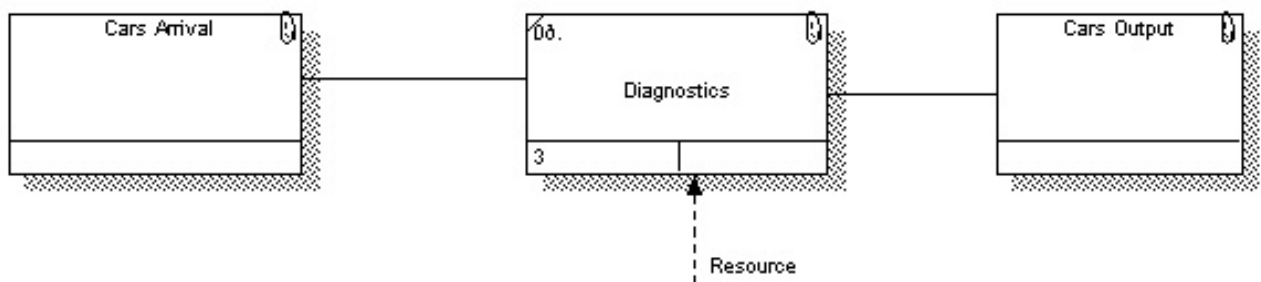


Рис. 2.12. – Модель «Диагностика автомобилей» в IDEF3

3.2. Экспорт в Arena

3.2.1. Экспорт модели в Arena осуществляется командой **File/Export/Arena**. При завершении экспорта выводится сообщение (рис. 2.13).



Рис. 2.13. Диалог о завершении экспорта в Arena

В результате экспорта получаем модель в пакете Arena (рис. 2.14).

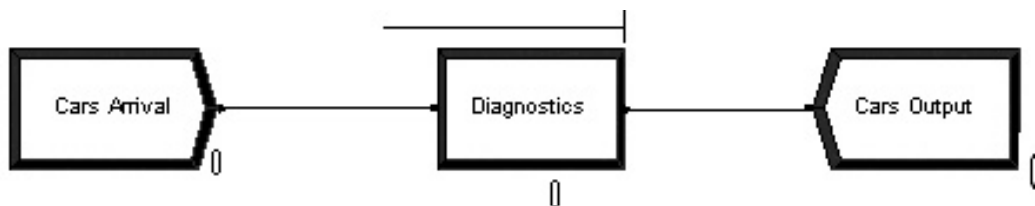


Рис. 2.14. Имитационная модель в пакете Arena

3.2.2. Откройте окно параметров моделирования командой **Run/Setup**. Установите длительность моделирования, равную 100 ч.

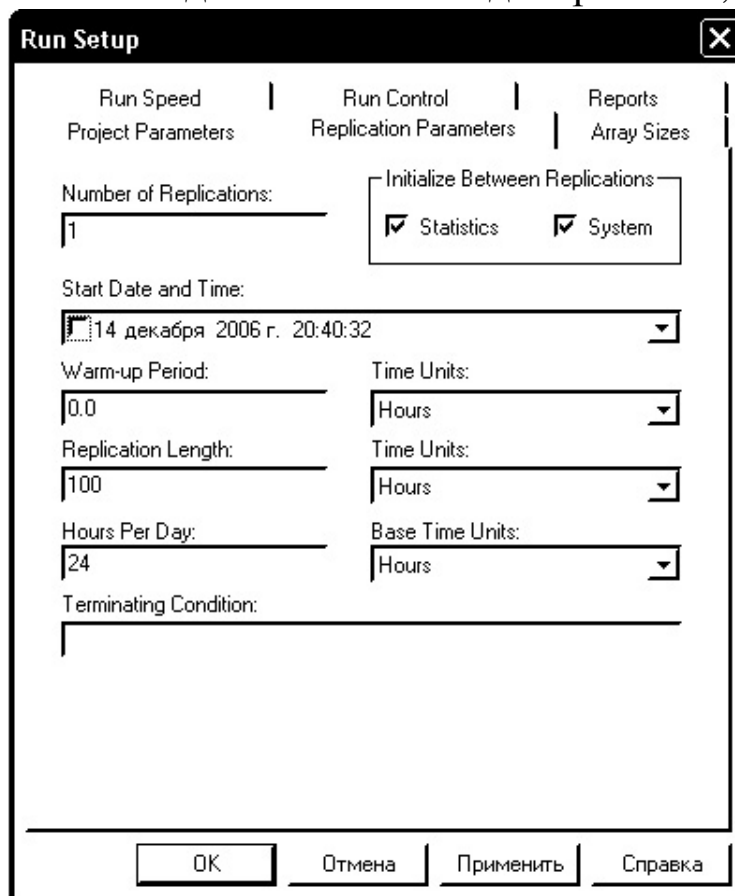


Рис. 2.15. Окно установки параметров моделирования


3.2.3. Теперь все готово для моделирования. Команда Run/Go или значок . Результаты моделирования указаны в табл. 2.1.

Таблица 2.1.

Результаты моделирования модели

Характеристика	Где найти	Значение				
Средняя продолжительность пребывания машин в системе	Панель слева – Preview Entity – Time – Total Time (Average) <table border="1" data-bbox="550 488 1228 622"> <tr> <td>Total Time</td> <td>Average</td> </tr> <tr> <td>Entity 1</td> <td>2.9578</td> </tr> </table>	Total Time	Average	Entity 1	2.9578	2,96 часа
Total Time	Average					
Entity 1	2.9578					
Среднее число машин в очереди	Queue – Other – Number Waiting (Average) <table border="1" data-bbox="550 667 1228 801"> <tr> <td>Number Waiting</td> <td>Average</td> </tr> <tr> <td>Diagnostics.Queue</td> <td>2.0242</td> </tr> </table>	Number Waiting	Average	Diagnostics.Queue	2.0242	2,02 машины
Number Waiting	Average					
Diagnostics.Queue	2.0242					
Средняя продолжительность пребывания машин в очереди	Queue – Time – Waiting Time (Average) <table border="1" data-bbox="550 857 1228 992"> <tr> <td>Waiting Time</td> <td>Average</td> </tr> <tr> <td>Diagnostics.Queue</td> <td>2.1085</td> </tr> </table>	Waiting Time	Average	Diagnostics.Queue	2.1085	2,1 часа
Waiting Time	Average					
Diagnostics.Queue	2.1085					
Среднее число машин на диагностике	Resource – Usage – Number Busy (Average) <table border="1" data-bbox="550 1037 1228 1171"> <tr> <td>Number Busy</td> <td>Average</td> </tr> <tr> <td>Diagnostics Master</td> <td>0.7858</td> </tr> </table>	Number Busy	Average	Diagnostics Master	0.7858	0,78 машин
Number Busy	Average					
Diagnostics Master	0.7858					
Среднее число машин в системе	Среднее число запросов в очереди + среднее число запросов на обработке	2,02 + 0,78 = 2,8 машин				

3.3. Сравнительный анализ результатов имитационного моделирования и аналитического решения

3.3.1. Представим задачу на диагностика автомобилей в терминах теории СМО. СМО имеет один канал обслуживания (мастер по диагностике). Входящий поток машин на обслуживание - простейший пуассоновский поток с интенсивностью $\lambda = 1$. Интенсивность потока обслуживания равна μ . Длительность обслуживания - случайная величина, подчиненная показательному закону распределения со средним значением 0,7 часа. Рассчитаем характеристики одноканальной СМО с ожиданием, без ограничения на длину очереди:

$$\mu = \frac{1}{T_{\text{обслуж}}} = \frac{1}{0,7} = 1,4286$$

$$\psi = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{1}{1,4286} = 0,6999$$

$\psi = 0,6999 < 1$, т.е. условие стационарности СМО выполняется.

Среднее число машин в системе:

$$L_s = \frac{\psi}{1-\psi} = \frac{0,6999}{0,3001} = 2,33$$

Средняя продолжительность пребывания машин в системе:

$$W_s = \frac{1}{\mu(1-\psi)} = \frac{1}{1,4286(1-0,6999)} = 2,33$$

Среднее число машин в очереди:

$$L_q = \frac{\psi^2}{1-\psi} = \frac{0,6999^2}{1-0,6999} = 1,63$$

Средняя продолжительность пребывания машин в очереди:

$$W_q = \frac{\psi}{\mu(1-\psi)} = \frac{0,6999}{1,4286(1-0,6999)} = 1,63$$

3.3.2. Сравним полученные результаты аналитического решения с результатами имитационного моделирования.

Таблица 2.2.

Сравнительный анализ

Показатели	Результаты имитационного моделирования				Результаты аналитического решения
	100 ч	300 ч	1000 ч	1500 ч	
1. Среднее число машин на обслуживание в системе	2,8	2,76	2,4	2,3	$L_s = 2,33$
2. Средн. продолжительность пребывания машин	2,96	2,7	2,4	2,31	$W_s = 2,33$
3. Среднее число машин в очереди на обслуживании	2,02	2,03	1,74	1,66	$L_q = 1,63$
4. Средн. продолжительность пребывания машин в очереди	2,1	1,98	1,71	1,63	$W_q = 1,63$

Как видно из таблицы, результаты имитационного моделирования приближаются к результатам аналитического решения по мере увеличения длительности моделирования.

4. Контрольные вопросы

1. Какой эффект от использования функциональных и имитационных моделей при изучении бизнес-процесса?
2. Какие особенности используются при построении диаграммы IDEF3 для последующего экспорта в **Arena**?
3. Что такое стационарная СМО?
4. Какие основные характеристики системы рассматривает теория СМО?

Список литературы

1. Маклаков С.В. Создание информационных систем с AllFusion Modeling Suite.– М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2005.– 432 с.
2. Лоу А.М., Кельтон В.Д. Имитационное моделирование.– СПб.: Питер, 2004.– 847 с.
3. Вентцель А.Д. Исследование операций: Задачи, принципы, методология.– М.: Наука, 1988.– 206 с.
4. Kelton W.D., Sadowski R.P., Sadowski D.A. Simulation with Arena. McGraw-Hill, Boston, 2002.– 547 p.
5. Замятина О.М., Саночкина Н.Г. Система имитационного моделирования Arena 7.0. Basic Process Panel.– Томск: Изд. ТПУ, 2005. (acs.cctpu.edu.ru/books.shtml).
6. Замятина О.М., Саночкина Н.Г. Использование Advanced Process Panel и Advanced Transfer Panel в среде Arena 7.0 для моделирования и анализа сложных систем.– Томск: Изд. ТПУ, 2005. (acs.cctpu.edu.ru/books.shtml).
7. Компания «Интерфейс Ltd.»: веб-сайт www.Interface.ru
8. Компания Rockwell Automation, описание пакета Arena www.Arenasimulation.com
9. Arena Basic Edition User's Guide. Rockwell Software, 2004.– 82 p.
10. Arena User's Guide. Rockwell Software, 2004.– 142 p.

Составители В.Ю. Арьков, Е.Н. Середа

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
В ПАКЕТЕ ARENA**

Методические указания
к дипломному проектированию

Подписано к печати __.__.2007. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. ____
Усл. кр.-отт. ____ Уч.-изд. ____
Тираж 100 экз. Заказ № ____
ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет
Центр оперативной полиграфии УГАТУ
450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12