

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет



МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ С ДИСКРЕТНЫМИ СОСТОЯНИЯМИ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ №№ 4 – 6
по дисциплине "Компьютерное моделирование процессов и систем "
для студентов направления подготовки 6.050201
"Системная инженерия "

Севастополь
2014



Моделирование систем с дискретными состояниями: Методические указания к выполнению лабораторных работ №№ 4 – 6 по дисциплине «Компьютерное моделирование процессов и систем» для студентов направления подготовки 6.050201 «Системная инженерия» / Разраб. Е.А. Шушляпин – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2014. – 32с.

В методических указаниях приводится описание лабораторных работ, целью которых является овладение практическими навыками моделирования систем и процессов с дискретными состояниями с помощью компьютерных пакетов GPSS World и ARENA 5.0. Методические указания предназначены для студентов дневной и заочной форм обучения по направлению подготовки 6.050201 "Системная инженерия.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании
кафедры технической кибернетики
протокол № 9 от 20 июня 2013 г.

Допущено учебно-методическим центром и научно-методическим советом
СевНТУ в качестве методических указаний

Рецензент Карапетьян В.А., канд. техн. наук, доцент
кафедры технической кибернетики

СОДЕРЖАНИЕ

1. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ С ДИСКРЕТНЫМИ СОСТОЯНИЯМИ.....	5
1.1. ПРИМЕРЫ СИСТЕМ С ДИСКРЕТНЫМИ СОСТОЯНИЯМИ	5
1.1.1. Касса с очередью	5
1.1.2. Робототехнический технологический комплекс	5
1.2. Методы моделирования систем с дискретными состояниями	6
1.2.1. Аналитическое моделирование	6
1.2.2. Концепции имитационного моделирования	7
1.2.3. Реализация сетевой концепции.....	8
1.2.4. Реализация концепции параллельных процессов.....	9
2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ СРЕДСТВ ПАКЕТА gpss world	11
2.1. Цель работы.....	11
2.2. Объекты и инструменты исследования.....	11
2.3. Пакет GPSS World	11
2.3.1. Общие сведения.....	11
2.3.2. Описание программы моделирования замкнутой сети.....	11
2.3.3. Редактирование программ в GPSS World	13
2.3.4. Процесс моделирования и отладки	15
2.3.5. Структура отчета GPSS World с результатами моделирования	17
2.4. Программа работы	19
2.4. Контрольные вопросы	19
3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. Моделирование технологического комплекса в gpss world	20
3.1. Цель работы.....	20
3.2. Объекты и инструменты исследования.....	20
3.3. Реализация параллельных процессов в GPSS World	20
3.4. Программа работ	22
3.5. Варианты заданий	23
3.6. Контрольные вопросы	24
4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ СРЕДСТВ ПАКЕТА ARENA 5.0.....	25
4.1. Цель работы.....	25
4.2. Объекты и инструменты исследования.....	25
4.3. Пакет ARENA 5.0	25
4.3.1. Общие сведения.....	25
4.3.2. Основные окна.....	25
4.3.3. Создание модели	25
4.3.4. Задание параметров моделирования.....	25
4.3.5. Моделирование и формирование отчета	25

4.3.6. Интерпретация результатов моделирования	30
4.4. Программа работы	31
4.5. Контрольные вопросы	31
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	32

1. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ С ДИСКРЕТНЫМИ СОСТОЯНИЯМИ

1.1 Примеры систем с дискретными состояниями

1.1.1 Касса с очередью

Примером системы с дискретными состояниями является касса с двумя окошками и очередью пассажиров.

Введем следующие возможные состояния такой системы.

№ состояния	Число занятых кассиров	Число занятых мест в очереди
1	0	0
2	1	0
3	2	0
4	2	1
5	2	2
...	...	...

Если длина очереди не лимитирована, то здесь бесконечное, но счетное число состояний. В случае ограниченной по длине очереди количество состояний конечно и равно $2+m$, где m – максимальная длина (емкость) очереди. В компьютерных пакетах для моделирования систем с дискретными состояниями запись модели на языке графов – ненужный промежуточный этап. Языки моделирования при этом строятся таким образом, что в них используются первичные элементы СМО - узел обслуживания (одноканальный или многоканальный), очередь (ограниченная, неограниченная) и способы ее обслуживания и т.д.

1.1.2 Робототехнический технологический комплекс

Технологический комплекс состоит из автоматического склада AS, транспортно - манипуляционного робота TMR и станочного модуля, содержащего два станка - SS1 и SS2, робот-манипулятор ME, а также два промежуточных накопителя - заготовок (NZ) и готовых деталей (NG). Порядок обработки деталей определяется некоторым технологическим маршрутом. Требуется составить имитационную модель описанного гибкого автоматизированного комплекса (ГАУ), учитывающую конкретный технологический маршрут детали, а также конкретные алгоритмы работы его элементов. Пусть технологический маршрут в символической записи выглядит следующим образом

AS(TMR)NZ(ME)SS1(ME)SS2(ME)NG(TMR)AS

Эта запись означает, что заготовка с помощью TMR перевозится от склада к накопителю NZ, затем манипулятор ME перегружает ее из NZ на первый станок. После завершения обработки на первом станке ME перемещает деталь на второй

станок, а после завершения обработки на нем переносит деталь в накопитель NG. Завершает цикл TMR, перевозящий готовую деталь от NG на склад.

Приведем словесное описание одного из возможных вариантов алгоритмов работы устройств комплекса. Транспортный робот TMR в первую очередь пытается обслужить NZ; если же это невозможно из-за заполненности NZ, делается попытка обслужить NG; если и это невозможно из-за отсутствия деталей в NG, TMR ожидает. Предполагается, что транспортировка и съем (установка) заготовок и деталей осуществляется поодиночке.

Манипулятор ME вначале проверяет условия выполнения операции переноса детали из NZ на станок SS1; во вторую очередь проверяются условия выполнения операции переноса детали со станка на станок и в третью очередь - условия выгрузки детали со второго станка; если ни одно из упомянутых условий не выполняется, ME ожидает.

Алгоритмы работы станков одинаковы и сводятся к реализации задержки на время обработки детали в случае, когда получен сигнал от ME о завершении загрузки детали на станок. После окончания же обработки станок должен выдать сигнал об этом. Это нужно для проверки условий осуществления операций манипулятора ME.

С целью предотвращения столкновения манипуляционных узлов роботов TMR и ME запрещается одновременная их работа с одним и тем же накопителем.

Предполагается, что в начале моделирования технологический комплекс свободен от деталей, а TMR находится у склада. Считается также, что склад AS своевременно пополняется заготовками и освобождается от готовых деталей.

Задачей моделирования является определение коэффициентов использования роботов и станков ГАУ, которые характеризуют эффективность комплекса. Коэффициент использования устройства – это отношение времени использования устройства к сумме времен использования и ожидания. Чем ближе значения коэффициентов использования всех устройств к единице, тем эффективнее используется комплекс и наоборот. Представляют интерес и другие характеристики, например фактические длины очередей, времена ожидания и т.п.

1.2 Методы моделирования систем с дискретными состояниями

Существуют аналитические и имитационные модели систем с дискретными состояниями.

1.2.1 Аналитическое моделирование

Аналитические модели имеют вид графов. В частности, для примера пункта 1.1.1 (кассы) каждому состоянию можно сопоставить вершину графа, возможным переходам из состояния в состояние – дуги, размеченные параметрами, зависящими от интенсивностей перехода и других характеристик потока клиентов, а также особенностей обслуживания. В том случае, когда приход клиентов и их обслуживание происходит по закону Пуассона (с экспоненциальным временем обслуживания, т.е. распределенным по показательному закону), для данной графовой модели мож

быть составлены дифференциальные уравнения Колмогорова-Чепмена. Переменными состояниями в этих уравнениях являются вероятности указанных дискретных состояний, определенные на континуальном множестве. Таким образом, задача сводится к системе дифференциальных уравнений бесконечного или конечного порядка (в зависимости от емкости очереди), т.е. к модели с непрерывными состояниями. Однако такой прием сведения задачи с дискретными состояниями к задаче с непрерывными состояниями далеко не всегда возможен.

Аналитические модели описанного вида изучаются в теории массового обслуживания, а сами объекты и их модели называются системами массового обслуживания (СМО). Обобщением СМО являются многофазные СМО или, другими словами, – сети массового обслуживания, состоящие из «узлов», каждый из которых представляет собой СМО. Для сетей также разработаны аналитические модели и расчетные методы, изучаемые в теории сетей массового обслуживания.

Однако аналитические модели и методы охватывают ограниченный круг соответствующих процессов, а большая часть систем и сетей массового обслуживания исследуется методами имитационного моделирования. В частности, уже при неэкспоненциальном времени между приходами пассажиров и обслуживания их кассирами в модели кассы аналитические методы расчета становятся чрезвычайно громоздкими. Аналогичная ситуация и в сетях, где хотя бы один узел содержит СМО с ограниченной емкостью очереди или неэкспоненциальное время обслуживания. Еще большие сложности возникают при моделировании многофункциональных узлов. Например, при описании ГАУ из примера 1.1.2 с помощью сети необходимо будет учесть, что TMR выполняет две функции: загрузку NZ и выгрузку NG, которые не могут выполняться одновременно и разнесены во времени. Такой же многофункциональный и робот ME, поскольку он задействован в трех операциях – загрузке SS1 из NZ, перегрузке из SS1 в SS2, перегрузке из SS2 в NG.

1.2.2 Концепции имитационного моделирования

В настоящее время сложилось несколько подходов к моделированию, которые не имеют сложившихся названий и даже не всегда выделяются как отдельные подходы. Здесь мы назовем их концепциями, что оправдывается той ролью, которую играют эти подходы в окончательном виде имитационной модели.

Первая концепция, которая положена в основу многих специализированных языков моделирования, является концепция «сетей массового обслуживания». При этом подходе реальные системы представляются в виде многофазных систем массового обслуживания (сетей), а модель представляется в виде сети из узлов, каждый из которых состоит из обслуживающего элемента и очереди к нему. На этом языке легко строятся модели движения транспорта по дорогам и другие подобные. Эта концепция не является универсальной, поэтому языки моделирования, ориентированные на нее, имеют и дополнительные средства для реализации моделей, не укладывающихся в данный подход. Представителями языков, реализующих сетевую концепцию, являются изучаемые в данном курсе языки GPSS и SIMA (ARENA).

Существует подход, основанный на представлении моделируемых систем и явлений как совокупности параллельных процессов. Концепция параллельных процессов предполагает, что в каждом моделируемом явлении можно выделить части, в которых наблюдается строгая причинно-следственная зависимость. Эту часть называют процессом. Очень важно, что в такого рода «процессе» все действия выполняются поочередно, а всякие параллельные действия по определению принадлежат разным процессам. Процессы могут функционировать параллельно во времени независимо друг от друга, а могут и взаимодействовать между собой. Взаимодействие процессов осуществляется через промежуточные накопители или буферы, посредством которых процессы обмениваются некоторым общим ресурсом. На основе этой концепции разработаны ряд языков и систем моделирования (сети Петри, язык DINAMO и др.). Средства для реализации параллельных процессов включены в некоторые языки программирования и моделирования, в частности, в языки моделирования GPSS, SIMAN (ARENA).

Наиболее общей концепцией ИМ является так называемый «событийный подход», который заключается в том, что в модели заблаговременно (сразу на весь период моделирования или по мере возможности) планируются «события», т.е. формируются коды событий и времена их наступления. Событие - это изменение состояния модели (например, изменение значения какой-либо координаты модели). События в упорядоченном по указанным временам виде заносятся в список событий, из которого они по очереди извлекаются и исполняются. Упорядоченность по временам может быть в некоторых случаях заменена упорядоченностью другого вида, например упорядоченностью по приоритетам. Упомянутый выше язык GPSS имеет средства реализации событийного подхода, которые доступны для разработчика имитационной модели. На этой концепции основано, в частности, и объектное программирование.

Выбирая концепцию моделирования, следует ориентироваться на моделируемую систему и на имеющиеся средства моделирования. Если система легко описывается на языке систем массового обслуживания, следует применять сетевой подход, так как получаемые при этом модели имеют весьма простой вид. В сложных случаях следует использовать две последних концепции.

1.2.3 Реализация сетевой концепции

Рассмотрим трехузловую замкнутую сеть массового обслуживания, изображенную на рисунке 1.

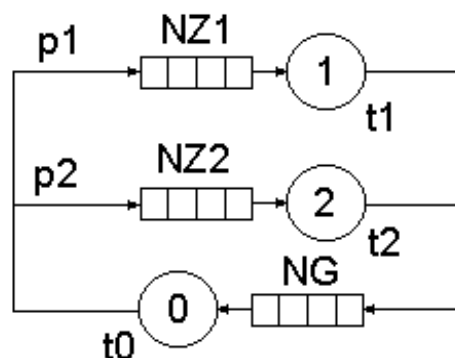


Рисунок 1 – Сетевая модель

Данная сеть может служить моделью робототехнического комплекса типа примера из 1.1.2 при следующих отличиях и предположениях:

- Накопитель заготовок NZ разделен на два накопителя практически неограниченной емкости NZ1, NZ2 для каждого из станков, а накопитель NG практически неограниченной емкости один и предназначен для приема деталей от обоих станков;
- Робот TMR, представленный узлом 0, перемещает заготовку из AS в NZ1 или NZ2 в зависимости от принятого алгоритма выбора накопителя, а затем забирает готовую деталь из NG и отвозит ее в AS; соответствующее время цикла обозначено t_0 ; алгоритм выбора накопителя для загрузки прием вероятностным, т.е. таким, при котором выбор накопителя NZ1, NZ2 производится с заданными вероятностями p_1 , p_2 ($p_1 + p_2 = 1$) соответственно;
- Технологический маршрут имеет вид:

$$\begin{matrix} & \text{NZ1(ME1)SS1(ME1)} \\ \text{AS(TMR)} & \text{NZ2(ME2)SS2(ME2)} \end{matrix} \text{NG(TMR)AS,}$$

что означает обработку детали на одном из станков (SS1 или SS2) в отличие от технологического маршрута 1.1.2, где деталь последовательно обрабатывалась вначале на SS1, а затем на SS2;

- Вместо многофункционального робота ME здесь предполагаются автономные для каждого станка перегрузчики ME1, ME2, времена работы которых теперь можно включить во времена обработки деталей t_1 , t_2 ; комбинации перегрузчиков и станков обозначены в сети узлами 1 и 2;
- Времена t_0 , t_1 , t_2 случайные и распределены по показательному закону с параметрами $\lambda_0 = 1/t_0$, $\lambda_1 = 1/t_1$, $\lambda_2 = 1/t_2$ соответственно.

Замкнутость сети означает, что количество деталей внутри комплекса остается неизменным, поскольку TMR в каждом цикле меняет обработанную деталь на новую заготовку. По этой причине в начальном состоянии комплекс должен содержать определенное число заготовок и деталей в накопителях и на станках.

1.2.4 Реализация концепции параллельных процессов

При создании сетевой модели робототехнического комплекса в пункте 1.2.3 сделаны упрощающие предположения, без которых создание сетевой модели было бы весьма затруднительным. Это связано, прежде всего, с многофункциональностью роботов TMR и ME. Хотя в языках моделирования и имеются соответствующие средства (например, блок GATE NU в языке GPSS), отследить все возникающие при этом ситуации при сетевом подходе практически невозможно. В таких случаях следует использовать концепцию параллельных процессов, в рамках которой указанные проблемы разрешаются достаточно просто.

При этом основная проблема реализации концепции заключается в организации параллельных процессов на соответствующем языке программирования и моделирования. При организации параллельных процессов используются механизмы синхронизации (семафоры, рандеву, мониторы), которые иногда встроены в соответствующие языки. Суть любого из механизмов синхронизации – обеспечи

ожидание процессов, конкурирующих за общий ресурс (накопитель), если ресурс уже занят каким-либо процессом. В частности, в GPSS и SIMAN (ARENA) для этого предназначены блоки SEIZE (занять устройство) и RELEASE (освободить устройство). Кроме того, в механизмы синхронизации входят и средства проверки состояния ресурса, т.е. способен ли ресурс принять новый элемент потока или отдать элемент потока, помещенный в него ранее. Так, в языке GPSS для этой цели можно использовать блоки GATE SNF (открыть ворота, если накопитель не полон), GATE SNE (открыть ворота, если накопитель не пуст). В SIMAN аналогичные функции выполняет оператор ветвления BRANCH, в ARENA – блок BRANCH и модуль DECIDE. Еще один элемент механизмов синхронизации – запрет одновременной работы процессов с общим ресурсом, что также обеспечивается описанными выше средствами.

Следует отметить, что одной из особенностей упомянутых языков моделирования в сравнении с языками программирования типа PASCAL, СИ и т.п. является то, что GPSS и SIMAN основаны на обработках «транзактов», играющих роль элементов потоков систем массового обслуживания. Поэтому в каком-то из блоков этих языков могут одновременно находиться несколько транзактов, причем с точки зрения модельного времени обработка транзактов, находящихся в разных блоках, ведется одновременно. Это свойство противоречит определению процесса из 1.2.2, поэтому для реализации процесса необходимо искусственными средствами запретить одновременное нахождение в блоках тела процесса нескольких транзактов. Для этого применительно к языкам GPSS, SIMAN можно предложить следующее: тело каждого из процессов заключается между блоками SEIZE и RELEASE, а на блок SEIZE каждого из процессов подается поток транзактов (блоками GENERATE в GPSS, CREATE в SIMAN) через возможно меньшие интервалы времени dt . Тем самым организуются почти непрерывные потоки запросов активации процессов, из которых удовлетворяются только те из запросов, которые соответствуют свободным от обслуживания предыдущих запросов процессам. Тем самым в теле процесса (между SEIZE и RELEASE) всегда имеется только один транзакт, который здесь уже имеет другой смысл (например, обслуживаемой детали). Выходящие из блоков RELEASE транзакты вновь приобретают смысл требований (но удовлетворенных) и уничтожаются специальными блоками TERMINATE в GPSS или DISPOSE в SIMAN. Таким образом, каждый из процессов реализуется отдельным сегментом следующей структуры, где многоточиями заменены последовательности блоков для тел процессов:

GPSS

GENERATE dt

SEIZE имя_процесса

....

RELEASE имя_процесса

TERMINATE

SIMAN

CREATE dt

SEIZE имя_процесса

....

RELEASE имя_процесса

DISPOSE

Возможны и другие реализации параллельных процессов.

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ СРЕДСТВ ПАКЕТА GPSS WORLD

2.1 Цель работы

Цель работы – изучить пользовательский интерфейс пакета GPSS World и средства имитационного моделирования на основе сетевого подхода.

2.2 Объекты и инструменты исследования

Объектами исследования являются задачи моделирования систем с дискретными состояниями. Инструментом исследования является программный пакет GPSS World.

2.3 Пакет GPSS World

2.3.1 Общие сведения

Пакет GPSS World разработан фирмой Minuteman Software на основе расширенной версии языка GPSS и пакета GPSS/PC для персональных компьютеров [1], [2] и предназначен для эксплуатации на IBM - совместимых компьютерах с операционными средами Windows в качестве средства имитационного моделирования систем с дискретными состояниями. Студенческая версия пакета состоит из двух загрузочных модулей Gpssw.exe, Pcaid.exe, справочной системы Gpssw.hlp и ряда вспомогательных файлов. Программа Pcaid.exe предназначена для преобразования исходных текстов программ моделирования для GPSS/PC в исходные тексты программ для GPSS World, поскольку как тексты, так и форматы их представления различны. Основной является программа Gpssw.exe, после вызова которой появляется диалоговое окно с полосой горизонтального главного меню.

2.3.2 Описание программы моделирования замкнутой сети

Работа с пакетом начинается с подготовки или загрузки программы на языке GPSS World в окно моделирования посредством опций File-New или File-Open главного меню. Ниже приведен пример окна моделирования для модели сети массового обслуживания из пункта 1.2.3, записанная в виде программы на языке GPSS с использованием сетевой концепции:

```

TO      FUNCTION      RN1,C11      ;функция -ln(RN1)
0,100/0.1,2.3/0.2,1.6/0.3,1.2/0.4,0.9/0.5,0.7
0.6,0.5/0.7,0.35/0.8,0.2/0.9,0.1/1,0.01
T1      FUNCTION      RN2,C11      ;функция -ln(RN2)
0,100/0.1,2.3/0.2,1.6/0.3,1.2/0.4,0.9/0.5,0.7
0.6,0.5/0.7,0.35/0.8,0.2/0.9,0.1/1,0.01
T2      FUNCTION      RN3,C11      ;функция -ln(RN3)
0,100/0.1,2.3/0.2,1.6/0.3,1.2/0.4,0.9/0.5,0.7
0.6,0.5/0.7,0.35/0.8,0.2/0.9,0.1/1,0.01
GENERATE      ,,,4      ;начальная загрузка сети
CYCL TRANSFER      .750,UUZ1,UUZ2 ;вероятностное ветвление потока
UUZ1 SEIZE      UZ1      ;узел 1
ADVANCE      50,FN$T1    ;задержка на -50*ln(RN1)
RELEASE      UZ1
TRANSFER      ,UUZ0      ;переход на узел 0
UUZ2 SEIZE      UZ2      ;узел 1
ADVANCE      100,FN$T2
RELEASE      UZ2
UUZO SEIZE      UZO      ;узел 0
ADVANCE      25,FN$TO
RELEASE      UZO
TRANSFER      ,CYCL      ;возврат на ветвление
GENERATE      100        ;сегмент времени моделирования
TERMINATE      1

```

For Help, press F1 Report is Complete. Clock

Данная программа первоначально создавалась в системе GPSS/PC и преобразована в формат GPSS World с помощью упомянутой выше программы-конвертора PCAID.exe. При этом внешне преобразование свелось к удалению номеров строк операторов. В GPSS/PC для моделирования случайных величин с заданными законами распределения существует единственное средство – функции. В приведенной программе для моделирования трех случайных величин с показательными законами распределения t_0 , t_1 , t_2 , имеющими математические ожидания 25, 50, 100 соответственно, использованы три таблично заданные одинаковые функции $-\ln(RN_i)$, $i=1,2,3$, отличающиеся аргументами. В качестве аргументов взяты выходы трех датчиков (программных генераторов) случайных чисел, равномерно распределенных в интервале от 0 до 1. Данный алгоритм формирования случайных чисел получен известным методом обратной функции. В описании каждой функции приведены по 11 пар значений функции $-\ln(x)$ при значениях узлов интерполяции x , равных 0, 0.1, 0.2, ..., 1.0. При этом, поскольку $-\ln(0)=\infty$, бесконечное значение заменено значением 10. Поскольку датчики выдают значения, которые в большинстве случаев находятся между узлами интерполяции, промежуточные значения функций автоматически вычисляются по формуле линейной интерполяции, о чем свидетельствует буква «С» в втором аргументе описания функции. Детальнее способы задания функций в GPSS приведены в руководстве [3].

Далее прокомментируем блочную часть данной программы.

Программа состоит из двух сегментов, каждый из которых начинается блоком GENERATE и заканчивается блоком TERMINATE. Первый сегмент представляет собой модель сети, а второй носит вспомогательный характер и предназначен для управления временем моделирования.

Рассмотрим первый сегмент. Вначале с помощью блока GENERATE „4 производится первоначальная загрузка четырех транзактов (т.е. заготовок/деталей) в замкнутую сеть (см. 1.2.3). Затем реализуются три узла в виде одноканальных устройств, о чем свидетельствуют пары блоков SEIZE (занять устройство), RELEASE (освободить устройство). В качестве имен устройств использованы UZ0, UZ1, UZ2. Поскольку для узлов здесь использованы не только «устройства», но и метки, имена меток UUZ0, UUZ1, UUZ2, во избежание конфликта имен, отличаются от имен устройств. Заметим, что GPSS World в случае обнаружения такого конфликта сам переименовывает конфликтующие имена, добавляя к одному из имен знак подчеркивания (в GPSS/PC конфликты разрешаются другим, менее удобным способом: заменой одного из имен числовым номером). Задержки на случайные времена в виде выражений $t_i = M[t_i] * (-\ln(RN_i))$, $i=1,2,3$, реализуются блоками ADVANCE (продвижение) с модификаторами-функциями [3] (здесь $M[t_i]$ обозначено математическое ожидание t_i). Для ветвления потока транзактов по вероятностям использован блок TRANSFER в вероятностном режиме. Данный блок с вероятностью 0.75 передает транзакт на узел 2, а с оставшейся вероятностью 0.25 – на узел 1. Для безусловной передачи транзактов на помеченные блоки использован блок TRANSFER в соответствующем режиме [3]. Обратите внимание на наличие запятой перед аргументом, отсутствие которой приведет к неверной работе данного блока.

Второй сегмент имеет стандартную структуру и предназначен для управления временем моделирования. Поскольку в GPSS/PC и GPSS World нет специальных опций по заданию времени моделирования, здесь используется следующий прием: блок «GENERATE 100» через каждые 100 единиц модельного времени (см. назначение первого аргумента блока GENERATE в [3]) генерирует транзакт, который тут же поступает в блок «TERMINATE 1», который его уничтожает, одновременно вычитая 1 из счетчика завершения. Первоначальное же значение счетчика завершения задается командой START. Так, при исполнении команды «START 50» в счетчик завершения поступает значение 50, а общее время моделирования окажется равным $50 \cdot 100 = 5000$.

2.3.3 Редактирование программ в GPSS World

При первоначальном наборе модели либо ее редактировании используется внутренний редактор GPSS World, основные функции которого сходны с функциями других текстовых редакторов. Особенности же данного редактора являются следующие:

- Возможность использования клавиши горизонтальной табуляции для позиционирования частей операторов; так, если части оператора (метку, имя блока, аргументы, комментарии) при наборе текста отделять символом горизонтальной табуляции, в последующем всякие модификации каждой из частей не будут сдвигать остальные части оператора; эту возможность особенно рекомендуется и

пользовать для полей имени, аргумента-оператора (для блока GATE и некоторых других), аргумента А, комментария; аргументы В, С и т.д. обычно горизонтальной табуляцией не отделяются ввиду того, что при этом могут получаться очень длинные строки.

- Возможность использования построителей блоков и экспериментов [3] для автоматизированного формирования операторов языка. Так, при вызове построителя блоков посредством опции Edit-Insert GPSS Blocks... открывается окно:

Insert GPSS Block into Model Object		
ADOPT	ASSEMBLE	ALTER
ADVANCE	CLOSE	COUNT
ASSIGN	GATE	DISPLACE
BUFFER	JOIN	EXAMINE
DEPART	LINK	EXECUTE
ENTER	LOGIC	FAVAIL
GENERATE	LOOP	FUNAVAIL
LEAVE	MATCH	GATHER
MARK	OPEN	INDEX
MSAVEVALUE	PREEMPT	INTEGRATION
PLUS	PRIORITY	SAVAIL
QUEUE	READ	SCAN
RELEASE	REMOVE	SELECT
SAVEVALUE	RETURN	SUNAVAIL
SEIZE	SEEK	TABULATE
SPLIT	TEST	TRACE
TERMINATE	UNLINK	UNTRACE
TRANSFER	WRITE	

Выбрав нужный блок посредством нажатия соответствующей командной кнопки, открываем диалоговое окно для ввода его параметров, например:

После набора параметров и нажатия ОК оператор поступит в позицию курсора окна моделирования.

2.3.4 Процесс моделирования и отладки

Процесс моделирования состоит из двух последовательных этапов: компиляции модели и счета. Этап компиляции выполняется посредством опции Command>Create Simulation. При этом производится диагностика синтаксиса программы с выдачей сообщений. Если программа синтаксических ошибок не имеет, в специальное окно-журнал выдается сообщение типа:

02/02/06 11:25:00 Model Translation Begun.

02/02/06 11:25:00 Ready.

После этого в опции Command активизируются подопции моделирования Re-translate (перекомпиляция), Start (начало моделирования), Step 1 (пошаговый прогон), Halt (останов), Continue (продолжение моделирования), Clear (сброс статистики, абсолютного и относительного времен), Reset (сброс статистики и относительного времени), Show (просмотр значений системных числовых атрибутов – СЧА), Custom (открытие окна для ввода команд GPSS). Детальнее об СЧА и командах смотри в [3].

При выборе опции Command-Start открывается диалоговое окно



где задают аргумент команды, например, 50. То же можно сделать через Command-Custom с командой START 50. При необходимости отладки программы используют команду пошагового режима STEP 1. При этом после каждого шага можно через SHOW просматривать информацию о различных объектах через соответствующие СЧА. Например, для просмотра коэффициента использования устройства UZ1 необходимо выполнить команду SHOW FR\$UZ1, для просмотра накопленного среднего времени работы устройства UZ2 – команду SHOW FT\$UZ2.

Текущую информацию о ходе моделирования можно посмотреть в окнах, открываемых через опцию Window главного меню. Для приведенного выше примера непустыми являются два окна – блоков (Blocks) и устройств (Facilities), приведенные ниже.

Loc	Block Type	Current Count	Entry Count	Retry Chain	Line Number	Include-file
1 GEN	GENERATE	0	4	0	10	0
2 CYCL	TRANSFER	3	5	0	11	0
3 UUZ1	SEIZE	0	1	0	12	0
4 ADV	ADVANCE	0	1	0	13	0
5 REL	RELEASE	0	1	0	14	0
6 TRA	TRANSFER	0	1	0	15	0
7 UUZ2	SEIZE	0	1	0	16	0
8 ADV	ADVANCE	1	1	0	17	0
9 REL	RELEASE	0	0	0	18	0
10 UUZ0	SEIZE	0	1	0	19	0
11 ADV	ADVANCE	0	1	0	20	0
12 REL	RELEASE	0	1	0	21	0
13 TRA	TRANSFER	0	1	0	22	0
14 GEN	GENERATE	0	0	0	23	0
15 TER	TERMINATE	0	0	0	24	0

For Help, press F1 Halted. Clock

Facility	Utilizati...	Delay Chain	Acquisitions	Available	Ave. Time	Owner XN	R
UZ2	1.000	2	1	+	32.332	1	
UZ1	0.376	0	1	+	12.149	0	
UZ0	0.624	0	1	+	20.182	0	

В колонке Loc окна блоков видны символические обозначения блоков, их номера и краткие обозначения. Кроме того, слева видны маленькие прямоугольники-метки, показывающие текущие положения транзактов (в ходе моделирования эти метки транзактов перемещаются из блока в блок). По указанным меткам можно следить за ходом моделирования. Следует, однако, иметь в виду, что при этом скорость моделирования сильно замедляется, поэтому пользоваться режимами просмотра окон следует только при отладке. В последующих колонках окна моделирования содержится информация о транзактах в блоках: текущее количество (Current Count), число входов в блок (Entry Count) и некоторая другая информация.

В окне устройств видны обозначения устройств (колонка Facility), значения коэффициентов использования, т.е. доли времени, в течение которого устройство было занято (Utilization), среднего времени обслуживания (Ave. Time) и др.

В верхней части окон видны инструментальные кнопки и опции главного меню, а также кнопки управления процессом моделирования (Continue, Halt, Step), с помощью которых можно вести пошаговую отладку.

Подробнее о перечисленных и других параметрах объектов GPSS можно посмотреть в разделе 4 справочной системы GPSS World (к сожалению, раздел 5 справки, посвященный собственно окнам, не заполнен).

2.3.5 Структура отчета GPSS World с результатами моделирования

После успешного завершения процесса моделирования в окне журнала появляется сообщение типа:

02/02/06 17:09:36 START 50

02/02/06 17:09:36 Simulation in Progress.

02/02/06 17:09:38 The Simulation has ended. Clock is 5000.000000.

02/02/06 17:09:39 Reporting in GAUNETSworld.4.3 - REPORT Window.

и автоматически формируется отчет:

Tuesday, February 14, 2006 17:39:41

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	15000.000	15	3	0

NAME	VALUE
CYCL	2.000
T0	10000.000
T1	10001.000
T2	10002.000
UUZ0	10.000
UUZ1	3.000
UUZ2	7.000
UZ0	10005.000
UZ1	10004.000
UZ2	10003.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	4	0	0
CYCL	2	TRANSFER	220	2	0
UUZ1	3	SEIZE	73	0	0
	4	ADVANCE	73	0	0
	5	RELEASE	73	0	0
	6	TRANSFER	73	0	0
UUZ2	7	SEIZE	145	0	0
	8	ADVANCE	145	1	0
	9	RELEASE	144	0	0
UUZ0	10	SEIZE	217	0	0
	11	ADVANCE	217	1	0
	12	RELEASE	216	0	0
	13	TRANSFER	216	0	0
	14	GENERATE	150	0	0
	15	TERMINATE	150	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZ2	145	0.962	99.490	1	1	0	0	0	2
UZ1	73	0.265	54.429	1	0	0	0	0	0
UZ0	217	0.364	25.136	1	5	0	0	0	0

Отчет содержит разделы, содержащие заголовок, дату и время получения отчета, число блоков, устройств, многоканальных устройств. Приводятся внутренние номера объектов GPSS, присвоенные им в процессе компиляции, перечень блоков с той же информацией, что и в окне блоков (см. выше). Далее содержатся разделы отчета со статистикой по объектам. В данном примере использовались такие объекты, как устройства (Facility) и транзакты. В разделе устройств (Facility) приведены: число входов (entries), коэффициенты использования (util.), средние времена обслуживания (ave. time) и некоторые другие данные.

Перечень требуемой выходной информации регулируется в закладке Reports диалогового окна, вызываемого посредством опции главного меню Edit-Settings.

2.4 Программа работы

В работе требуется:

- Из файла Gaunets.gps загрузить программу моделирования замкнутой сети.
- Запустить программу на счет при таком значении параметра в команде START, чтобы время моделирования равнялось 15000; отчет сохранить.
- Модифицировать программу, заменив вычисления случайных времен задержки в узлах через функции вычислениями посредством выражений PLUS в соответствии со следующим образцом: вместо ADVANCE 50,FN\$T1 можно использовать эквивалентную конструкцию ADVANCE (expo(2,0,50)), где 2 – номер датчика случайных чисел, 0 – значение первого параметра экспоненциального закона, 50 – значение второго параметра экспоненциального закона (в GPSS World реализован двухпараметрический экспоненциальный закон распределения, сводящийся к показательному закону при нулевом значении первого параметра и значении второго параметра, равному параметру показательного закона); удалить описания функций T0, T1, T2; программу сохранить под именем Gaunets_.gps.
- Войти в опцию Command-Custom и в открывшемся окне исполнить команды CLEAR и RMULT 1,2,3 с целью сброса статистики, времен моделирования и установки датчиков случайных чисел RN1, RN2, RN3 в первоначальное положение (для обеспечения повторяемости результатов).
- Запустить на счет программу Gaunets_.gps с временем моделирования 15000 и сохранить отчет.
- Просмотреть коэффициенты использования и средние времена работы устройств UZ0, UZ1, UZ2 с помощью опции Command-Show и сравнить с полученными в отчетах (результаты автоматически записываются в журнале).
- Сравнить отчеты для Gaunets.gps и Gaunets_.gps; если все было сделано правильно, результаты должны быть близки.
- Подготовить отчет по лабораторной работе, содержащий: титульный лист установленной формы; цель работы; тексты программ Gaunets.gps, Gaunets_.gps и соответствующие отчеты; распечатку файла журнала.

2.5. Контрольные вопросы

- Постановка задачи моделирования замкнутой сети на примере робототехнического комплекса.
- Концепции моделирования и разновидность концепции, использованной в моделях Gaunets.gps и Gaunets_.gps.
- Составляющие описания функций GPSS.
- Функции и параметры блоков программ Gaunets.gps и Gaunets_.gps.
- Управление временем моделирования в GPSS.
- Логика программ Gaunets.gps и Gaunets_.gps.
- Особенности интерфейса GPSS World при вводе и редактировании программ, просмотре результатов посредством команды SHOW и окон.
- Понятие и примеры СЧА.

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В GPSS WORLD

3.1 Цель работы

Цель работы - научиться использовать программный пакет GPSS World для имитационного моделирования систем с дискретными состояниями на основе концепции параллельных процессов.

3.2 Объекты и инструменты исследования

Объектами исследования являются задачи моделирования систем с дискретными состояниями. Инструментом исследования является программный пакет GPSS World.

3.3 Реализация параллельных процессов в GPSS World

В пункте 1.2.3 настоящих указаний изложены приемы создания имитационных моделей на основе концепции параллельных процессов. Ниже приведен соответствующий данной концепции текст программы моделирования робототехнического технологического комплекса из пункта 1.1.2 настоящих указаний.

```
;*****
;Имитационная модель робототехнического комплекса *
;*****

SS1      STORAGE      1          ;станок 1 как емкость
SS2      STORAGE      1          ;станок 2 как емкость
NG       STORAGE      10         ;накопитель NG как емкость
NZ       STORAGE      10         ;накопитель NZ как емкость

;Сегмент процесса для транспортного робота TMR_
GENERATE  1            ;запрос активации процесса TMR_
SEIZE     TMR_          ;начало тела процесса TMR_
                        ;начало фрагмента загрузки NZ

GATE SNF  NZ,NGTMR      ;дальше, если NZ непуст
ADVANCE   1            ;задержка на время выгрузки из AS
ADVANCE   3            ;задержка на время перехода от AS к NZ
SEIZE     NZZ           ;защита от столкновения с "рукой" ME
ADVANCE   1            ;задержка на время загрузки NZ
ENTER     NZ            ;загрузка NZ
RELEASE   NZZ           ;
TRANSFER  ,TMR          ;конец фрагмента загрузки NZ
                        ;начало фрагмента выгрузки NG
```

NGTMR	GATE SNE	NG, TMR	;дальше, если NG непуст
	SEIZE	NGG	;защита от столкновения с "рукой" TMR_
	ADVANCE	1	;задержка на время выгрузки NG
	LEAVE	NG	;выгрузка NG
	RELEASE	NGG	
TMR	RELEASE	TMR_	;конец тела процесса TMR_
	TERMINATE		;Конец процесса TMR_
			;Сегмент процесса для манипуляционного робота ME_
	GENERATE	1	;запрос активации процесса ME_
	SEIZE	ME_	;начало тела процесса ME_
			;начало фрагмента загрузки SS1
	GATE SNE	NZ, NGME	;дальше, если NZ непуст
	GATE SNF	SS1, ZS1	;дальше, если SS1 неполон
	SEIZE	NZZ	;защита от столкновения с рукой TMR_
	ADVANCE	1	;задержка на время выгрузки NZ
	LEAVE	NZ	;выгрузка NZ
	ENTER	SS1	;загрузка SS1
	RELEASE	NZZ	
	ADVANCE	2	;задержка на время поворота "руки" ME и загрузки SS1
	TRANSFER	, ME	;конец фрагмента загрузки SS1
			;начало фрагмента перегрузки детали от SS1 на SS2
ZS1	GATE LS	1, NGME	;дальше, если SS1 закончил обработку детали
	GATE SNF	SS2, NGME	;дальше, если SS2 неполон (свободен)
	GATE SNE	SS1, NGME	;дальше, если SS1 непуст (имеет деталь)
	ADVANCE	1	;задержка на время выгрузки SS1
	LEAVE	SS1	;выгрузка SS1
	ADVANCE	1	;задержка на время поворота "руки" ME_
	ENTER	SS2	;загрузка SS2
	ADVANCE	1	;задержка на время установки детали в SS2
	TRANSFER	, ME	;конец фрагмента перегрузки
			;начало фрагмента выгрузки SS2
NGME	GATE SNF	NG, ME	;дальше, если NG неполон
	GATE LS	2, ME	;дальше, если SS2 закончил обработку
	GATE SNE	SS2, ME	;дальше, если SS2 непуст
	ADVANCE	1	;задержка на время выгрузки из SS2
	LEAVE	SS2	;выгрузка SS2
	SEIZE	NGG	;защита от столкновения с рукой TMR_
	ADVANCE	1	;задержка на время загрузки NG
	RELEASE	NGG	
	ENTER	NG	;загрузка NG
ME	RELEASE	ME_	;конец тела процесса ME_
	TERMINATE		;Конец процесса ME_
			;Сегмент процесса для станка SS1


```

        GENERATE      1          ;Начало процесса SS1
SEIZE      SS1        ;начало тела процесса SS1
GATE SF    SS1,CYS1   ;дальше, если SS1 неполон
LOGIC R    1          ;SS1 начинает обработку
ADVANCE    2          ;задержка на время обработки на SS1
LOGIC S    1          ;SS1 закончил обработку
CYS1       RELEASE    SS1      ;конец тела процесса SS1
TERMINATE                      ;Конец процесса SS1

        ;Сегмент процесса для станка SS2
GENERATE    1          ;Начало процесса SS2
SEIZE      SS2        ;начало тела процесса SS2
GATE SF    SS2,CYS2   ;дальше, если SS2 неполон
LOGIC R    2          ;SS2 начинает обработку
ADVANCE    4          ;задержка обработки на SS2
LOGIC S    2          ;SS2 закончил обработку
CYS2       RELEASE    SS2      ;конец тела процесса SS2
TERMINATE                      ;Конец процесса SS2

        ;Сегмент управления временем моделирования
GENERATE    1000
TERMINATE   1

```

При анализе данной программы следует учесть, что для выработки сигналов о завершении обработки на станках использованы логические переключатели 1 и 2 (это примеры объектов GPSS, у которых вместо имен заданы номера). Кроме того, обратите внимание на то, что накопители NZ и NG моделируются двумя типами объектов GPSS – как одноканальные устройства и как многоканальные устройства (память). Их представление в виде одноканальных устройств понадобилось для того, чтобы учесть одно из условий функционирования робототехнического комплекса, а именно: запрет одновременного обслуживания накопителя двумя роботами. Для этих целей удобно воспользоваться блоками SEIZE и RELEASE, т.е. одноканальным устройством. В то же время как емкости накопители описываются многоканальными устройствами. Похожая ситуация и при моделировании станков: как вместительности деталей единичной емкости они описаны как память, и в то же время они представлены и одноканальными устройствами. Правда, уже по другой причине – из-за описания работы станка в виде процесса. На этих примерах видно, что возможны разнообразные комбинации объектов GPSS, а их первоначальные названия достаточно условны.

3.4. Программа работ

В работе требуется:

- Из файла Gau.gps загрузить программу моделирования робототехнического технологического комплекса, текст которой приведен выше.
- Изучить текст программы.

- Запустить программу на счет с временем моделирования 1000; отчет сохранить.
- Модифицировать программу в соответствии с заданным вариантом; новую программу сохранить под именем Gau_.gps.
- Запустить на счет программу Gau_.gps с временем моделирования 1000 и сохранить отчет.
- Сравнить коэффициенты использования и средние времена работы станков и роботов и сделать выводы об эффективности модифицированного варианта работы комплекса в сравнении с исходным.
- Подготовить отчет по лабораторной работе, содержащий: титульный лист установленной формы; цель работы; тексты программ Gau.gps, Gau_.gps и соответствующие отчеты; распечатку файла журнала.

3.5 Варианты заданий

Варианты заданий составлены из различных сочетаний технологических маршрутов, алгоритмов работы транспортного робота TMR, законов распределения времен задержек. При этом предполагается, что математические ожидания времен задержек «M[a]» равны значениям задержек «a» в тексте программы Gau.gps. Синтаксис обращения к PLUS-функциям для случайных величин, распределенным по различным законам, смотри в пункте 8.3.7 справочной системы GPSS World, где параметр Stream (номер псевдослучайной последовательности) задавать числами 1, 2, 3, и т.д., своими для каждого времени задержки.

Таблица 3.1 – Варианты технологических маршрутов

Номер варианта	Технологический маршрут
1	AS(TMR)NZ(ME)SS1(ME)SS2(ME)NG(TMR)AS (базовый)
2	AS(TMR)NZ (ME1)SS1(ME1) (ME2)SS2(ME2) NG(TMR)AS

Таблица 3.2 – Варианты алгоритмов работы TMR

Номер варианта	Алгоритм работы
1	В первую очередь TMR пытается обслужить накопитель NG, а в случае его неготовности (отсутствия в NG готовых деталей), пытается обслужить NZ и т.д.
2	TMR обслуживает два накопителя поочередно, вначале NZ, потом NG
3	TMR обслуживает накопители по готовности каждого из них, в порядке очередности; готовность NZ определяется наличием менее, чем двух заготовок; готовность NG определяется наличием одной и более деталей

Таблица 3.3 – Варианты законов распределения времен задержек

Номер варианта	Законы распределения
1	Равномерные в пределах $[0.9a, 1.1a]$
2	Нормальные с математическими ожиданиями, равными «а» и среднеквадратичными отклонениями, равными $0.1a$
3	Экспоненциальный при $\beta=a, \lambda=0$

Таблица 3.4 – Варианты заданий

Номер варианта задания	Номер варианта из таблицы 1	Номер варианта из таблицы 2	Номер варианта из таблицы 3
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	1	3
4	1	2	1
5	1	2	2
6	1	2	3
7	1	3	1
8	1	3	2
9	1	3	3
10	2	1	1
11	2	1	2
12	2	1	3
13	2	2	1
14	2	2	2
15	2	2	3
16	2	3	1
17	2	3	2
18	2	3	3

3.6. Контрольные вопросы

- Постановка задачи моделирования робототехнического комплекса.
- Концепция параллельных процессов и ее реализация в программе Gau.gps.
- Объекты и блоки GPSS, запрещающие одновременное обслуживание накопителей различными роботами.
- Объекты и блоки GPSS, реализующие выработку сигналов о начале и конце обработки деталей на станках.
- Логика программ Gau.gps и Gau_.gps.
- Сравнительный анализ результатов моделирования Gau.gps и Gau_.gps.

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ СРЕДСТВ ПАКЕТА ARENA 5.0

4.1 Цель работы

Цель работы – изучить пользовательский интерфейс пакета ARENA 5.0 и средства имитационного моделирования на основе сетевого подхода.

4.2 Объекты и инструменты исследования

Объектами исследования являются задачи моделирования систем с дискретными состояниями. Инструментом исследования является программный пакет ARENA версии 5.0.

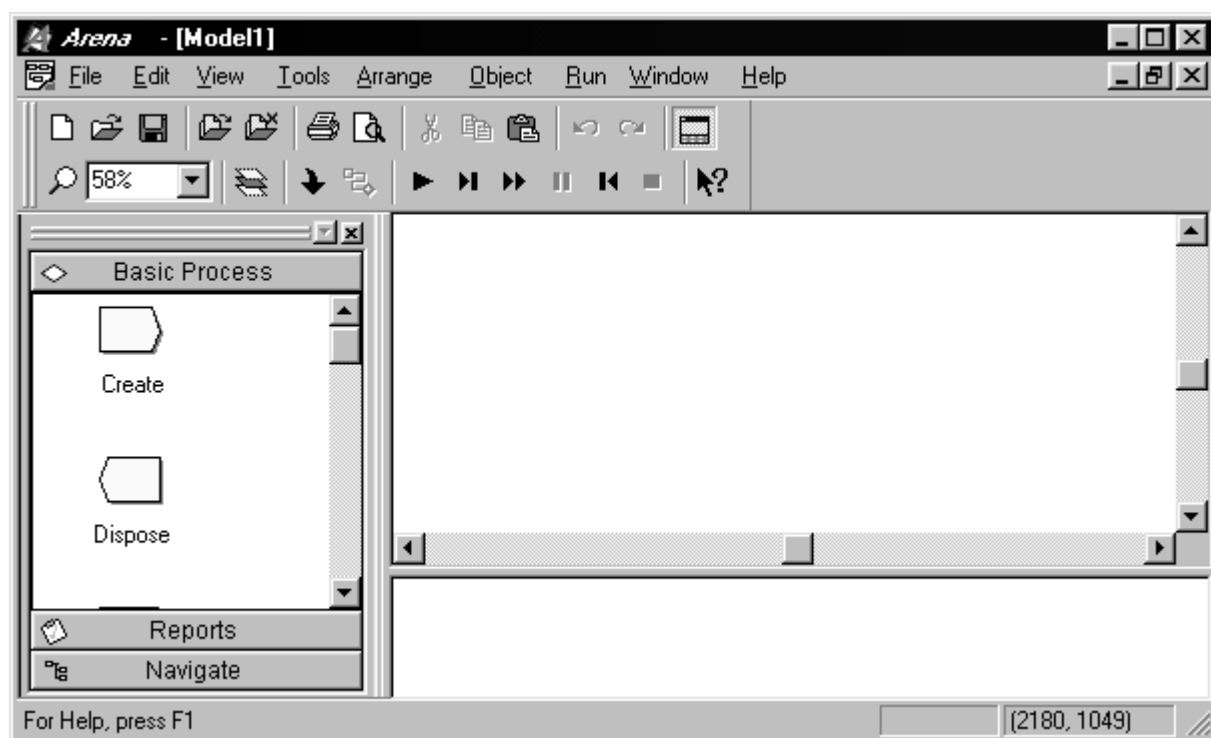
4.3 Пакет ARENA 5.0

4.3.1 Общие сведения

Пакет ARENA 5.0 (далее просто ARENA) предназначен для имитационного моделирования систем с дискретными и непрерывными состояниями. При этом его основная ориентация – системы с дискретными состояниями. Для моделирования же подсистем с непрерывными состояниями имеются отдельные блоки (например, контейнер, который выполняет функцию интегратора). По сравнению с GPSS World пакет ARENA более сложный и имеет, соответственно, более широкие функциональные возможности как с точки зрения сложности создаваемых моделей, так и с точки зрения количества и формы отображения результатов моделирования. В пакете реализованы язык SIMAN и графический язык ARENA [3].

4.3.2 Основные окна

После вызова программы из меню командной кнопки «Пуск» (опция «Программы – Rockwell Software – Arena – Arena 5.0») появляется главное окно:



Верхняя часть окна содержит главное меню и набор инструментальных кнопок, снабженных всплывающими подсказками: New, Open, Save, Template Attach, Template Detach, Submodel, Connect и др. Большинство из кнопок имеет привычные для пользователей Windows-интерфейса функции. Из специфических функций отметим функции подключения и отключения панелей Template Attach, Template Detach, кнопки Go, Step, Fast-Forward, Pause, Start Over, End управления процессом моделирования (идти, шаг, быстро вперед, пауза, повторный старт, конец). Данные кнопки относятся к набору Standard, подключаемому посредством опции главного меню View-Toolbars... (имеются еще семь инструментальных наборов, отражающих функциональные возможности пакета и отраженных в опциях главного меню). Из специфических кнопок отметим также кнопку Submodel для открытия отдельных окон для моделей подсистем, кнопку Connect для установления связи между модулями, блоками либо элементами [3].

Слева расположено окно, содержащее панели (templates), подключаемые при загрузке и в процессе исполнения опции подключения панелей Template Attach. При загрузке подключается панель Basic Process, содержащая интегрированные модули [3]. В процессе загрузки подключаются также панели Reports с разделами автоматически формируемого отчета и Navigate с деревом уровней модели. Уровни выше первого появляются при образовании подсистем, выше второго – если есть подсистемы в подсистемах и т.д. При этом однократный щелчок левой кнопкой мыши открывает окно для подсистемы соответствующего уровня.

В правой нижней части расположено окно, в котором отображается и редактируется информация о выделенных объектах (модулях, блоках, элементах). При этом указанная информация отображается по группам однородных элементов. Например, при выделении в окне моделирования какого-либо процессного модуля указанном окне появится информация обо всех процессных модулях данного уровня модели. Для всех объектов, кроме модулей данных, имеется и другой, альтернати-

ный способ просмотра и редактирования информации: посредством диалоговых окон, вызываемых двойным щелчком левой кнопки мыши в поле соответствующего объекта. Невозможность редактирования модулей данных альтернативным способом вызвана тем, что эти модули в окне моделирования не отображаются и не имеют соответствующих диалоговых окон.

В правой верхней части расположено окно моделирования, которое вначале пусто. Если загрузить уже существующую модель из файла с расширением .dое, в указанное окно загрузится модель в виде ее логики и других визуальных элементов. При этом, используя слои, можно ограничить присутствие в окне отдельных слоев. По умолчанию в окно загружаются все слои. Отключить ненужные на данном этапе слои модели можно с помощью диалогового окна, вызываемого инструментальной кнопкой Layers. Так, при отладке или модификации логики модели нужен только слой Logic, в котором изображены только визуальные объекты типа модулей, блоков и элементов. В других слоях отображаются фоновые рисунки (слой Background) и т.п. Функции слоев можно изучить по примерам из папки Examples пакета.

4.3.3 Создание модели

Создание модели производится путем перетаскивания мышью модулей и других визуальных объектов из панелей в окно моделирования. При этом, если помещать объекты в некотором естественном порядке и активна опция главного меню Object-Auto-Connect, связи между объектами будут появляться автоматически. Например, если на схему перетащить вначале модуль Create, а после Process, между модулями автоматически появится связывающая их линия. Если линия не появляется, объекты связываются посредством инструментальной кнопки Connect или соответствующей опции главного меню Object-Connect. В данном случае нужно надвинуть крест-курсор мыши на выход (вход) связываемого блока и нажать левую кнопку мыши. Затем, отпустив кнопку, надвигаем крест-курсор на вход (выход) другого блока и вновь нажимаем левую кнопку мыши. В результате появится связывающая блоки линия. Для удаления линии нужно выделить ее и удалить посредством клавиши Delete. Выделение объектов и линий производится однократным щелчком левой кнопки мыши в поле объекта или линии.

Изменение параметров объектов модели производится посредством диалоговых окон, вызываемых двойным щелчком левой кнопки мыши в поле соответствующего объекта или, альтернативно, в нижнем окне после выделения представителя группы однородных объектов (см. выше). Смысл параметров интегрированных модулей (схемных и данных) из панели Basic Process описан в [3].

4.3.4 Задание параметров моделирования

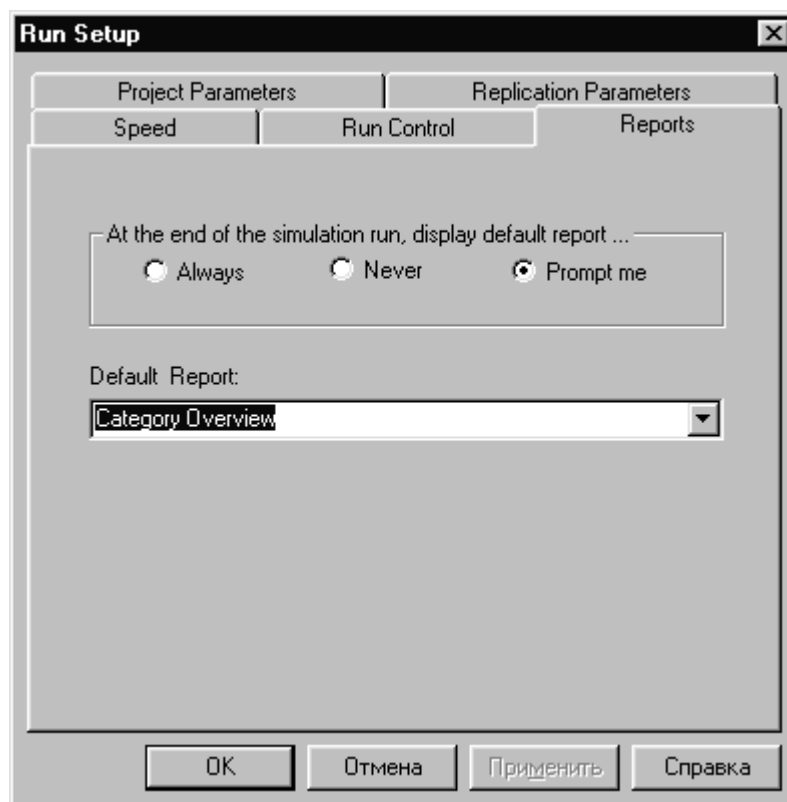
Перед запуском процесса моделирования необходимо посредством опции Run-Setup... задать параметры моделирования. Параметры задаются в диалоговом окне с закладками Project Parameters (параметры проекта), Replication Parameters (параметры реализации), Speed (скорость), Run Control (управление процессом моделирования), Reports (отчеты).

В параметрах проекта задается имя проекта (Project Title), имя аналитика (Analyst Name) и те разделы отчета, которые представляют интерес. В последующем указанные данные повлияют на структуру и содержимое отчета.

Параметры реализации представляют собой наиболее важный раздел параметров, который отображается в диалоговом окне:

Здесь задается число реализаций (Number of Replication), начальный период без сбора статистики (Warm-up Period), длина реализации (Replication Length) во времени. Кроме того, задаются единицы измерения времени Time Units, Base Time Units (основная единица времени для отчетов и отображения времени в статусной строке). В области Initialize Between Replications устанавливаются флажки сброса статистики и системы в начальное состояние. Сброс статистики – это обнуление переменных для накопления оценок статистических характеристик и установка в начальное состояние баз датчиков. Сброс же системы означает уничтожение всех транзактов и задание всем системным и пользовательским переменным значений «по умолчанию». В поле Terminating Condition задается на языке SIMAN отличное от длины и числа реализаций условие завершения процесса моделирования.

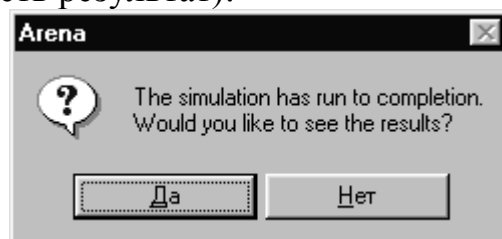
Для задания объема выдаваемой на экран информации о результатах моделирования служит закладка Reports:



Здесь задается, будет ли выводиться автоматически на экран один из разделов отчета (Always – всегда, Never – никогда, Prompt me – по приглашению) и какой раздел (на рисунке – раздел Category Overview).

4.3.5 Моделирование и формирование отчета

Запуск процесса моделирования производится с помощью инструментальных кнопок Go или Fast-Forward. В первом случае реализуется медленный режим моделирования с элементами анимации в виде передвигающихся транзактов и подсветки активных модулей (при активной опции Run - Run Control - Highlight Active Module). Во втором случае производится моделирование без анимации, которое осуществляется в десятки раз быстрее. Для контроля процесса моделирования время моделирования выводится в статусную строку, расположенную в нижней части главного окна. При успешном завершении процесса моделирования и установленной опции Prompt me (см. выше) в статусной строке фиксируется конечное время моделирования и появляется окно с приглашением о просмотре результатов моделирования («Да» – при желании увидеть результат):



Результаты моделирования отображаются в отчете, перечень разделов которого устанавливаются в закладке Project Parameters (см. выше) диалогового окна Run Setup. Предусмотрены несколько разделов, перечень которых зависит

конкретных потребностей. Например, если собирается статистика по процессам (т.е. хотя бы в одном из процессных блоках установлен флажок сбора статистики), в отчет следует поместить разделы Category Overview или Processes. Если аналитика интересуют значения коэффициентов использования процессных блоков в режимах с Seize и подключенным ресурсом (семафором), следует выводить разделы Category Overview или Resources. Следует отметить, что в «обзорном» разделе Category Overview фиксируется итоговая статистика о заказанных объектах, а в разделах для отдельных объектов – текущая статистика. Таким образом, если моделирование осуществляется по одной длинной реализации, результаты, например, подраздела Process раздела Category Overview и раздела Processes будут содержать одни и те же результаты (правда, в Category Overview еще и в виде графиков). Если же производится моделирование по множеству реализаций, то Process будет содержать итоговую информацию по множеству реализаций, а Processes – по каждой из реализаций.

После вывода, просмотра и распечатки отчета необходимо, вернувшись в окно моделирования, завершить моделирования с помощью инструментальной кнопки End.

4.3.6 Интерпретация результатов моделирования

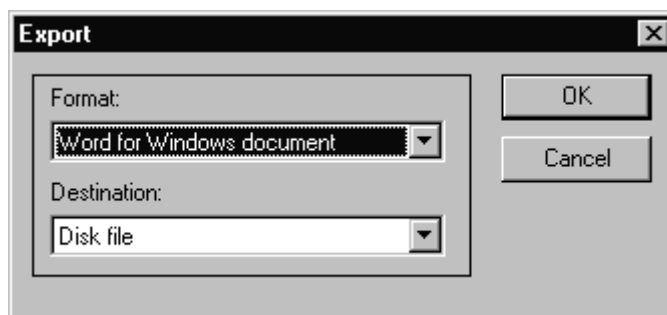
Рассмотрим отдельные элементы статистической информации из раздела Category Overview, представляющие интерес для задачи моделирования лабораторной работы. Указанная информация сосредоточена в подразделах Process и Resource.

В подразделе Process приведены статистические оценки времен, связанных с процессом (пункты Time и Accumulated Time), а также количества входов и выходов транзактов (пункт Other). В качестве оценок времен использованы: средние значения (Average), величины полуинтервалов отклонения (Half Width), минимальные (Minimum Values) и максимальные (Maximum values) значения. В пункте Time отображаются времена, приходящиеся на один транзакт: полные времена Total Time, равные сумме времен VA Time (VA – от Value Added, см. [3]) «внутри» процесса (за блоком Seize) и Wait Time вне процесса (в очереди, если процесс занят обслуживанием предыдущего транзакта). В пункте Accumulated отображаются накопленные значения составляющих VA и Wait для всех пришедших в модуль транзактов.

В подразделе Resource приведены оценки коэффициентов использования присоединенных к процессным модулям ресурсов (Number Busy), а также их коэффициентов «запланированности» (Number Schedule). Последний имеет смысл в том случае, когда процессный модуль вместе со своим ресурсом «присутствует» в модели только в какие-то запланированные заранее интервалы времени (например, рабочий в течение рабочего дня). В противном случае этот коэффициент равен единице. Имеется еще ряд пунктов, интерпретация которых приведена в разделе Running Simulations and Viewing Results справочной системы.

Отчет можно экспортировать в различные приложения (Excel, Word и т.д.) посредством инструментальной кнопки окна отчета с изображением конверта. При ее нажатии открывается диалоговое окно вида:





в котором нужно выбрать формат и объект экспорта. Опции для преобразования в файл для Word и записи в дисковый файл приведены на рисунке. После нажатия командной кнопки ОК откроется диалоговое окно для выбора папки назначения и имени файла (по умолчанию – имени раздела отчета).

4.4 Программа работы

В работе требуется:

- С использованием интегрированных модулей пакета ARENA набрать программу моделирования сети массового обслуживания, реализованную в лабораторной работе из раздела 2. Модель сохранить в файле с Gaunets.doe (при сохранении расширение .doe присвоится автоматически).
- Запустить модель Gaunets.doe на счет при времени моделирования 15000 с получением раздела Category Overview отчета; отчет сохранить.
- Сравнить коэффициенты использования и средние времена работы устройств UZ0, UZ1, UZ2, полученные в лабораторной работе раздела 2 (в GPSS World), с аналогичными данными из раздела Category Overview.
- Подготовить отчет по лабораторной работе, содержащий: титульный лист установленной формы; цель работы; распечатку модели Gaunets.doe, распечатку пункта VA Time подраздела Time и пункта Number Busy подраздела Resource из раздела Category Overview; выводы с результатами сравнения аналогичных характеристик из лабораторной работы раздела 2.

4.5 Контрольные вопросы

- Постановка задачи моделирования замкнутой сети на примере робототехнического комплекса.
- Концепции моделирования и разновидность концепции, использованной в модели Gaunets.doe.
- Функции и параметры интегрированных модулей языка ARENA.
- Логика программы Gaunets.doe.
- Особенности интерфейса ARENA 5.0 при формировании модели и счете.
- Выходная статистика.
- Формирование и экспорт отчетов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шрайбер Т. Дж. Моделирование на GPSS /Т.Дж. Шрайбер – М.: Машиностроение, 1980.
2. Кудрявцев, Е. М. Основы работы с универсальной системой моделирования GPSS World [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов / Е. М. Кудрявцев, А. В. Добровольский. - М. : Изд-во Ассоц. Строит. вузов, 2005. - 256 с., рус.
3. Языки моделирования систем с дискретными состояниями: Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Компьютерное моделирование процессов и систем» для студентов направления подготовки 0914 «Компьютеризированные системы, автоматика и управление» / Разраб. Е.А. Шушляпин, Д.Н. Старинская [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Локальная сеть кафедры ТК, F:\POLSOV\COMMON\KMPS\Language.doc.

Заказ № 120 от « 5 » 03 2014 г. Тираж 25 экз

Изд-во СевНТУ