МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим работам по дисциплине
МОДЕЛИРОВАНИЕ КАНАЛОВ И СИСТЕМ СВЯЗИ

для студентов направления подготовки
11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи,
Профиль
«Технологии построения программно-управляемых систем и компьютерных сетей»

Ставрополь, 2026

Практическая работа №1

Тема: Исследование возможностей среды моделирования GPSS World.

Учебные вопросы.

1. Объекты GPSS World.
2. Форматы описания блоков и операторов GPSS World.

Одним из наиболее эффективных и распространенных языков моделирования сложных дискретных систем является в настоящее время язык GPSS World. Он может быть с наибольшим успехом использован для моделирования систем массового обслуживания. В качестве объектов языка используются аналоги таких стандартных компонентов систем массового обслуживания, как заявки, обслуживающие приборы, очереди и т.п. Достаточный набор подобных компонентов позволяет конструировать сложные имитационные модели систем реального времени, сохраняя привычную терминологию систем массового обслуживания.

GPSS World - высокоуровневый, специально оснащенный, многоцелевой комплект, созданный для профессионального моделирования.

Этот современный инструмент позволяет осуществлять, как дискретные, так и непрерывные компьютерные модели с чрезвычайно высоким уровнем интерактивности и визуализации. Используя GPSS World, можно предсказать влияние пользовательских решений на особо сложные существующие мировые системы.

Язык моделирования GPSS (General Purpose System Simulation - система моделирования общего назначения) разработан фирмой IBM в США и с 1962 года входит в стандартное математическое обеспечение ПК. По сравнению с другими языками моделирования язык GPSS получил наиболее широкое распространение. Он включен в учебные курсы вузов по моделированию систем у нас в стране и изучается в аналогичных курсах во многих колледжах и университетах США и других стран.

Язык GPSS был специально разработан для построения имитационных моделей сложных дискретных систем. GPSS - это интерпретирующая языковая система, применяющаяся, в основном, для имитации пространственно-временного движения объектов различной природы при фиксированной структуре блочной схемы. Формальными основными моделями, для имитации которых используется GPSS, являются системы массового обслуживания *(Q-схемы),* конечные и вероятностные автоматы *(F-* и *P-схемы),* сети Петри *(N-схемы),* агрегаты *(A-схемы)*

Система GPSS World предназначена для имитационного моделирования сложных дискретных систем *S.* Имитационное моделирование обеспечивает возможность испытания, оценки и проведения экспериментов с предлагаемой системой *S* без каких-либо непосредственных воздействий на нее. При имитационном моделировании проводится эксперимент с программой,

которая является моделью системы *S.* Несколько часов, недель или лет работы исследуемой системы могут быть промоделированы на ЭВМ за несколько секунд или минут. В большинстве случаев модель является не точным аналогом системы *S,* а скорее ее символическим изображением. Однако такая модель позволяет проводить измерения, которые невозможно провести каким-либо другим способом.

Первым шагом при анализе любой конкретной системы *S* является выделение элементов системы и формулирование логических правил, управляющих взаимодействием этих элементов. Полученное в результате описание называется моделью системы *S.* Модель обычно включает в себя те аспекты системы *S,* которые представляют интерес или их необходимо исследовать.

Для общих задач система моделирования должна предоставлять пользователю достаточно краткий и в то же время применимый к широкому классу систем *S* язык моделирования. Исследование разнообразных дискретных систем показало, что любую систему *S* можно описать с помощью необходимого набора абстрактных элементов, называемых *объектами.* Логические правила поведения таких систем описывают аналогичным в каждом случае набором операций.

Наиболее распространенным методом описания систем является составление блок-диаграмм. *Блок-диаграмма* - графическое представление операций, происходящих внутри системы. Другими словами, блок-диаграмма описывает взаимодействие событий внутри системы *S.* Линии, соединяющие блоки, указывают маршруты потоков сообщений или указывают последовательность выполняемых событий. В случае нескольких вариантов действий от блока отходят несколько линий. Если же к блоку подходят несколько линий, то это означает, что выполняемая операция является общей для двух или более последовательностей блоков. Выбор логических путей может основываться на статистических или логических условиях, действующих в момент выбора.

При составлении блок-диаграммы рекомендуется сначала начертить общий график функционирования системы *S.* Затем составить отдельную блок-диаграмму для соответствия основных функций с блоками GPSS World, после чего внести детали. Чтобы выявить эти дополнительные подробности, некоторые части системы *S* нужно проанализировать более тщательно. Степень детализации зависит от моделируемой системы и от того, что нужно узнать в процессе моделирования. Начинающие программисты составляют слишком подробную блок-диаграмму. Часто в этом нет необходимости. Блок-диаграммы получили широкое применение при описании систем, но форма представления обычно зависит и от самой системы *S,* и от специалиста, описывающего эту систему. Поэтому при построении блок-диаграмм следует соблюдать определенные условия, являющиеся основой создания программы на языке моделирования.

В GPSS World имеется определенное количество типов блоков для задания объектов и операций над ними. Каждому блоку соответствует графи-

ческое изображение на блок-диаграмме. Стрелки между блоками указывают маршруты потоков сообщений. Чтобы применить язык моделирования GPSS World, каждый блок блок-диаграммы заменяется соответствующим оператором языка.

1. Объекты GPSS World.

Транзакты. Любую модель рассматриваемой системы *S* в терминах языка GPSS можно представить в виде комбинации компонентов, которые составляют интерпретатор GPSS. *Транзакт* - это некоторое сообщение (заявка, требование на обслуживание), которое поступает извне на вход системы и подлежит обработке. Транзакт - обязательный элемент каждой модели на GPSS. Транзакты генерируются и уничтожаются, производя при этом воздействия на объекты, образующие модель системы *S*. В терминах систем массового обслуживания *(Q-схем)* транзактам можно сопоставить требования, сообщения или заявки, поступающие в систему на обслуживание.

В то же время транзакт это самостоятельный объект системы GPSS. Отличие одних транзактов от других состоит в назначаемом им наборе параметров. Структурно транзакт в моделируемой системе *S* не определяется, его существование предполагается после генерации и прохождения по заданным компонентам системы. Работа системы происходит под действием транзактов, которые определяют собой пространственно-временное продвижение реальных объектов в реальной системе. Само моделирование заключается в продвижении сообщений (транзактов) от блока к блоку аналогично функционированию реальной системы. Генерирование транзактов осуществляется блоком GENERATE.

Блоки. Структура программы на GPSS базируется на блок-диаграмме, согласно которой осуществляется продвижение транзактов. С реальными объектами в моделирующей системе GPSS связана совокупность блоков, имеющих специальное обозначение и формат описания (записи).

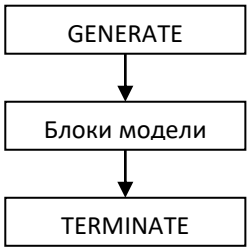


Рисунок 1 - Структура GPSS-модели

Продвижение транзактов в модели осуществляет блок GENERATE, задержку транзактов во времени может произвести блок ADVANCE, вывод транзактов из модели осуществляет блок TERMINATE. Каждый блок системы GPSS имеет входы и выходы, с помощью которых осуществляется их связь в модели через транзакты.

В системе GPSS блоки GENERATE и TERMINATE имеют особый ста-

тус: блок GENERATE имеет только выход, блок TERMINATE имеет только вход. Блок GENERATE генерирует транзакты, блок TERMINATE завершает процесс продвижения транзактов.

Структура GPSS-модели имеет вид, показанный на рисунке 1.

Списки. В GPSS транзакты или сообщения хранятся в списках. *Списки* представляют собой структуры данных, в которых размещена информация о транзактах. Списки относятся к элементам внутренней организации GPSS, они обеспечивают внутреннюю логику работы моделирующей системы *S*. Сообщение в любой момент времени находится в одном из пяти списков: текущих событий, будущих событий, прерываний, пользователя, синхронизации.

Устройства. Устройства в системе GPSS формируются с помощью блоков SEIZE, RELEASE, PREEMPT, RETURN. Наличие в модели устройств позволяет автоматически регистрировать статистическую информацию. Устройства моделируют реальные объекты, в которых может происходить обработка транзактов (сообщений). В GPSS предусмотрена возможность прерывания устройств. Имеются средства логической проверки состояния устройств (свободно, занято, прервано, не прервано). Захват (на обработку) и освобождение устройства моделируются соответственно блоками SEIZE и RELEASE. Прерывание устройства моделирует блок PREEMPT, снятие прерывания - блок RETURN. Проверка состояния устройства осуществляется блоком GATE.

Памяти. Память, или емкость накопителя, служит для моделирования реальных объектов, обладающих конечной величиной числа сообщений (транзактов), ожидающих своей очереди на обработку. Память моделируется блоками ENTER и LEAVE, а также оператором STORAGE, который задает емкость памяти (накопителя). Проверка состояния памяти осуществляется блоком GATE.

Логические ключи. Логические ключи служат для моделирования объектов с двумя логическими состояниями «включено», «выключено». Управление ключами осуществляется транзактами, продвигающимися по модели. Транзакт может установить ключ в состояние «включено», сбросить его - перевести в состояние «выключено» или инвертировать, т.е. изменить состояние ключа на противоположное значение. Логические ключи моделируются блоками LOGIC и GATE.

Очереди. Если в системе *S* может происходить задержка в продвижении сообщения или задержка в его обработке, то тогда возникает *очередь*. Для сбора и регистрации статистики об очередях в моделирующей системе ставят блоки QUEUE и DEPART. При входе сообщения (транзакта) в блок QUEUE текущая длина очереди получает приращение. Уход сообщения из очереди отображается блоком DEPART.

Таблицы. Для сбора различного рода статистических данных и их регистрации используют *таблицы,* которые моделируются блоком TABULATE и оператором TABLE. Занесение интересующей информации в таблицу осу-

ществляется блоком TABULATE в момент входа очередного транзакта в этот блок. Описание структуры таблицы и типа заносимых данных (стандартизированных самой системой *GPSS)* осуществляется оператором TABLE.

Ячейки. В системе GPSS World для сохранения некоторой числовой информации используются *ячейки.* Бывают ячейки сохраняемых величин и матрицы ячеек сохраняемых величин. Начальные значения ячеек и матриц можно задавать при помощи оператора описания INITIAL. Размер матрицы задается оператором описания MATRIX. Изменение содержимого ячеек осуществляется блоками SAVEVALUE и MSAVEVALUE. Блок SAVEVALUE используется для замены, увеличения или уменьшения текущего содержимого заданной ячейки, блок MSAVEVALUE - для записи значений в матрицы, а также для увеличения или уменьшения значений, записанных в матрицах.

Функции и переменные. Функции и переменные в GPSS World относятся к вычислительным объектам. В GPSS имеется три типа переменных: арифметические переменные; арифметические переменные с плавающей точкой; булевы переменные.

В арифметических переменных используются следующие арифметические операции:

+ — алгебраическое сложение;

- — алгебраическое вычитание;

— алгебраическое умножение;

^ — возведение в степень;

/ — алгебраическое деление, остаток отбрасывается; при этом сохраняется только частное (прямой слэш);

\ — деление нацело (обратный слэш);

@ — деление по модулю.

Все функции в GPSS задаются табличным способом с помощью специальных операторов описания функций (непрерывного или дискретного типа).

Арифметические переменные с фиксированной точкой и с плавающей точкой описываются соответственно операторами VARIABLE и FVARIABLE. Только при описании переменных с плавающей точкой (FVARIABLE) допускается применение дробных констант.

Булевы переменные представляют собой логические выражения. Булевы переменные описываются оператором BVARIABLE с соответствующими операторами отношений или условий. В булевых переменных используются три типа операторов: логические (для определения состояния объектов), булевы (OR - оператор логического сложения и AND - оператор логического умножения) и операторы отношения (G - больше, L - меньше, E - равно, NE - не равно, LE - меньше или равно, GE - больше или равно). Булевы переменные дают возможность принимать решения в зависимости от состояния и значения многих объектов, входящих в моделирующую систему GPSS.

В арифметических и булевых переменных могут также использоваться библиотечные функции и выражения следующего вида:

SIN(...) - синус,

COS(...) - косинус,
TAN(...) - тангенс,
ATN(...) - арктангенс,
EXP(...) - экспонента,
LOG(...) - натуральный логарифм,
SQR(...) - квадратный корень,
ABC(...) - абсолютное значение,
INT(...) - целая часть,
NOT - логическое отрицание.

Функции GPSS описываются оператором FUNCTION, через который задается тип функции (непрерывный или дискретный) и количество пар точек, задаваемых в следующих строках после строки с оператором FUNCTION.

Операторы, применяемые в программах GPSS, обычно располагаются за телом основной программы, т.е. либо до блока GENERATE, либо после блока TERMINATE (см. рис. 1). При этом для них необязательна нумерация строк, которая применяется в теле основной программы.

2. Форматы описания блоков и операторов GPSS World.

Блоки (рис. 1) составляют основное *тело программы* GPSS. Блоки должны нумероваться по мере их появления в программе, т.е. номер каждого последующего блока должен быть больше предыдущего. Нумерация блока подразумевает номер строки, в которой осуществляется формат записи блока. Нумерация строк, в которых записываются служебные слова того или иного оператора, не обязательна. Формат записи:

<№>_<метка>_БЛОК_<A>,<B>,<C>,[<D>]; Комментарии

Описание начинается с номера строки (№), отсчет которых начинается сверху вниз, после пробела (указан символ _) помещается по необходимости метка блока, которая должна начинаться с буквы и содержать не более пяти алфавитно-цифровых символов. После метки или, если она отсутствует, после номера строки следуют два пробела, после которых указывается имя блока (БЛОК). Далее после одного пробела располагаются операнды, разделенные запятыми. В литературе в описаниях программ обязательные операнды помещают в символы: больше >, меньше < (операнды A, B, C), необязательные операнды помещают дополнительно еще в квадратные скобки, как, например, для операнда D. Количество операндов определяется типом блока и его функциональным назначением в данной программе. Если рабочая строка заканчивается точкой с запятой (;), то далее в этой строке можно поместить комментарии. Комментарий может помещаться в строке, в первой позиции (колонке) которой будет находиться звездочка (*). Звездочки часто используют для логического разделения фрагментов программы, удобства чтения и восприятия. Какую-то строку можно, начиная с первой позиции, полностью заполнить звездочками. Формат записи операторов имеет следующий

вид:

[метка]_ОПЕРАТОР_<A>,<B>,<C>,<D>,...; Комментарии

Операторы GPSS World подразделяются на операторы описания данных и контроля управления. В отдельную группу операторов выделяются команды GPSS. Описание начинается с метки (алфавитно-цифровая не более 5 знаков), после которой достаточно проставить один пробел и затем имя оператора. После имени оператора через один пробел указываются операнды. Комментарии пишутся после точки с запятой. Количество операндов различно для разных операторов. Для некоторых операторов метка не ставится. В выходной статистике GPSS строки с операторами не фиксируются и не указываются. Для записи операторов можно использовать нумерованные строки, но они также не будут присутствовать в выходной статистике. Формат записи операторов с нумерованными строками будет приведен позднее при рассмотрении конкретных программ на GPSS World.

Контрольные вопросы

1. Что понимается в GPSS под моделью системы?
2. Что такое блок-диаграмма, для чего она нужна?
3. Порядок составления блок диаграммы?
4. Перечислить основные объекты языка GPSS World.
5. Что понимается под транзактом в системе моделирования GPSS World?
6. Привести структуру GPSS-модели и пояснить ее работу.
7. Что представляют собой списки, для чего они нужны?
8. Что представляют собой устройства, для чего они нужны?
9. Что представляют собой памяти, для чего они нужны?
10. Что представляют собой логические ключи, для чего они нужны?
11. Что представляют собой очереди, для чего они нужны?
12. Что представляют собой таблицы, для чего они нужны?
13. Что представляют собой ячейки, для чего они нужны?
14. Какие типы переменных используются в GPSS?
15. Какие арифметические операции используются в арифметических переменных?
16. Какие типы операторов используются в булевых переменных?
17. Перечислить булевы операторы языка GPSS World.
18. Где располагаются операторы в программах GPSS?
19. Что представляет собой формат записи блока?
20. Что представляет собой формат записи оператора?

Практическая работа №2

Тема: Программирование имитационных моделей систем (каналов) связи в среде GPSS с использованием блоков GENERATE, TERMINATE, ADVANCE, SEIZE, RELEASE и оператора START

Анализ функциональных возможностей объектов аппаратной и динамической категорий будет рассмотрен на примерах элементарных типовых ситуаций, характерных для систем массового обслуживания (*Q-схем*). Решение каждой задачи оформляется в виде программы *.GPS, результаты моделирования представляются в виде стандартной выходной статистики, которая формируется в файле стандартного отчета *.RPT.

Блоки GENERATE, TERMINATE, ADVANCE, SEIZE, RELEASE. Операторы START, END

Процесс моделирования в системе GPSS заключается в продвижении сообщений от блока к блоку с указанием команд и действий с помощью операторов. Продвижение сообщений по модели начинается с блока **GENERATE** и заканчивается в блоке **TERMINATE.** Задержка сообщений во времени по заданному закону происходит в блоке **ADVANCE.** Ввод в систему сообщений может быть также задан по какому-либо статистическому закону. Перечисленные три блока относятся к блокам динамической категории. Сами сообщения или транзакты являются динамическими объектами системы GPSS. Следует помнить, что транзакты не могут входить в блок **GENERATE** и выходить из блока **TERMINATE,** в противном случае происходит ошибка выполнения программы и ее останов. Моделирующая программа начинается с блока **GENERATE** и заканчивается блоком **TERMINATE.**

К аппаратной категории относятся блоки первой группы устройств SEIZE, RELEASE. Введение в моделирующую программу устройств (с помощью соответствующих блоков) позволяет автоматически регистрировать статистическую информацию. Практически всегда обязательными являются операторы **START, END.** Рассмотрим более подробно наиболее характерные примеры программ с указанными блоками и операторами.

Задача 1. Заявки поступают в систему массового обслуживания *(Q-схему)* через фиксированное время (7 единиц времени). Обработка (обслуживание) каждой заявки занимает также некоторое фиксированное время (5 единиц времени). После обработки заявки покидают *Q-схему.* Провести обработку 100 заявок. Единицу времени пользователь назначает по своему усмотрению или по условию задачи.

Система GPSS будет проводить моделирование относительно тех значений единиц времени, которые задает пользователь. За единицу времени принята 1 мин, а программе решения задачи 1 присвоено имя **EXAM01.GPS.** В этой программе транзакты (заявки, сообщения) генерируются блоком GENERATE каждые 7 мин, проходят через устройство под номером 1, за-

держиваются на 5 мин и покидают (освобождают) устройство 1. Захват и освобождение устройства осуществляют блоки **SEIZE** и **RELEASE.** Задержка транзактов во времени происходит в блоке **ADVANCE.** Вывод транзактов производит блок **TERMINATE.** Оператор **START** начинает процесс моделирования для указанного максимального числа счетчика завершений. Оператор **END** (управляющий оператор) осуществляет задание выполнения прогона модели и завершает работу системы GPSS.

Программа (**EXAM01.GPS)** для рассматриваемого примера приведена на листинге 1.

Листинг 1. Программа EXAM01.GPS

```
10 GENERATE 7
20 SEIZE 1
30 ADVANCE 5
40 RELEASE 1
50 TERMINATE 1
START 100
```

Результаты моделирования по программе **EXAM01.GPS** помещаются в файл стандартного отчета **EXAM01.RPT,** который автоматически формируется системой GPSS.

```
                    GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.1.1

                    Saturday, February 20, 2016 08:39:26

     START TIME        END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
        0.000          705.000    5       1          0


 LABEL            LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
              1   GENERATE          100          0      0
              2   SEIZE           100          0      0
              3   ADVANCE          100          0      0
              4   RELEASE          100          0      0
              5   TERMINATE        100          0      0


FACILITY        ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 1               100    0.709      5.000  1       0    0    0    0     0


FEC XN   PRI       BDT     ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
  101    0        707.000   101     0      1
```

Рисунок 1 - Стандартный отчет EXAM01.RPT

В файле стандартного отчета сначала идет информационная строка системы GPSS с указанием номера версии, серийного номера, даты, времени и страницы; затем строка стандартного сообщения о начале моделирования **START_TIME,** его окончании **END_TIME,** количестве используемых в про-

грамме блоков **BLOCKS,** количестве установленных устройств **FACILITIES,** количестве многоканальных устройств, для которых определяется заданная емкость накопителя **STORAGES**. Далее приводятся назначенные номера блоков в порядке возрастания под обозначением **LINE,** номера блоков, которые определяются системой (под обозначением **LOC),** названия блоков **BLOCK_TYPE,** количество транзактов, проходящих через соответствующий блок программы **ENTRY_COUNT,** текущее количество транзактов, задержанных в блоке на момент окончания моделирования **CURRENT_COUNT,** количество транзактов, ожидающих специальных условий для прохождения через данный блок **RETRY.** Как видно, для данной программы количество транзактов, проходящих через блоки, равно 100. Все 100 транзактов, которые были сгенерированы блоком **GENERATE,** прошли через все блоки программы.

Работа устройства **FACILITY** под номером 1 (см. рис. 1) оценивается следующими стандартными атрибутами: количество транзактов, прошедших через устройство, указывается в поле **ENTRIES** (в нашем случае это число 100); коэффициент использования в относительных единицах указывается в поле **UTIL** (в нашем случае число 0.709, которое показывает ту часть периода моделирования, в течение которого устройство было занято); среднее время обработки или задержки одного транзакта в устройстве указывается в поле **AVE._TIME** (в нашем случае равно 5, которое так же можно определять, как среднее время занятости устройства); поле **AVAIL.** определяет состояние готовности устройства в конце периода моделирования (оно равно 1, если устройство готово, и 0, - если не готово); поле **OWNER** (прямой перевод - владелец) определяет номер последнего транзакта, занимавшего устройство (если устройство не занималось, то устанавливается 0); поле **PEND** (от англ. «pendent» - ожидающий решения) определяет количество транзактов, ожидающих устройство, находящееся в режиме прерывания; поле **INTER** определяет количество транзактов, прерывающих устройство в данный момент; поле **RETRY** определяет количество транзактов, ожидающих специальных условий, зависящих от состояния объекта типа «устройство»; поле **DELAY** (задержка) определяет количество транзактов, ожидающих занятия или освобождения устройства. В рассматриваемом примере последние семь полей равны нулю, так как система работает без каких-либо специальных условий и прерываний.

Задача 2. Очень часто процесс поступления транзактов в систему и процесс обработки подчиняется равномерному закону распределения в заданном интервале. Например, программу EXAM01.GPS можно привести к виду, когда поступление транзактов и их обработка будут осуществляться по равномерному закону в заданных интервалах, например, от 5 до 9 мин и от 3 до 7 мин соответственно. Другими словами, поступление заявок будет подчиняться равномерному закону с интервалом 7±2 мин, а обработка - равномерному закону со временем обработки 5±2 мин.

Программа для решения задачи 2 имеет имя **EXAM02.GPS.** Упрощенный формат программы представлен на листинге 2. При равномерном законе поступления транзактов и том же законе обслуживания операнд поля <B> в блоках **GENERATE** и **ADVANCE** квалифицируется как модификатор-интервал. Если поступление или обслуживание транзактов подчиняется какому-либо функциональному закону, отличному от равномерного, то тогда операнд поля <B> квалифицируется как модификатор-функция.

Листинг 2. Программа EXAM02.GPS

```
10 GENERATE 7,2;   Генерация транзактов из интервала(5,9)
20 SEIZE 1
30 ADVANCE 5,2
40 RELEASE 1
50 TERMINATE 1;   Уничтожение транзактов
START 100
```

Написание названий блоков и операторов в программах допускается как прописными, так и строчными буквами.

Рассмотрим форматы описания блоков и операторов, используемых в программах EXAM01.GPS и EXAM02.GPS. Формат описания блока **GENERATE** имеет вид:

10 GENERATE <A>,<B>

В приведенном описании использованы символы «<» и «>», которые образуют так называемые поля A и B. Значения полей называют также операндами. Для EXAM02.GPS соответственно поле <A> равно 7, а поле <B> равно 2. Операнды полей <A> и <B> являются постоянными числами. Это означает, что транзакты генерируются случайным образом в интервале времени от (7-2 = 5) до (7 + 2 = 9) в соответствии с равномерным законом. Если поле <B> отсутствует (как для EXAM01.GPS), то генерация транзактов происходит через интервалы времени, указанные в поле <A> (т.е. через 7 условных единиц времени). Соответствующее назначение полей применяется и для блока **ADVANCE** (задержка транзактов). Формат описания блока **ADVANCE** имеет вид:

30 ADVANCE <A>,<B>

Блок **ADVANCE** моделирует задержку вошедшего в него транзакта в течение определенного интервала. Для программы EXAM02.GPS эта задержка определяется как 5±2 условные единицы, распределенные по равномерному закону. Поле <A> соответствует числу 5, а поле <B> - числу 2. Время задержки является случайным числом, распределенным равномерно в интервале времени от (<A> - <B>) до (<A> + <B>). Разница между числом поля <A> и числом поля <B> не должна быть отрицательна.

Задержка продвижения транзактов на время, указанное в полях блока **ADVANCE**, происходит, как правило, в устройствах, которые используют при моделировании работы различного вида оборудования единичной емкости.

Формат описания блока **SEIZE** имеет вид:

20 SEIZE <A>

Блок **SEIZE** имеет только одно поле <A>, которое задает номер или имя устройства, присвоенное разработчиком программы. В нашем случае устройство имеет номер 1. Номер или имя устройства могут быть произвольными. При входе транзакта в блок **SEIZE** всегда проверяется (интерпретатором системы GPSS) занято устройство или нет. Если устройство свободно, то оно занимается. Устройство остается занятым до тех пор, пока занимающий его транзакт не войдет в соответствующий блок **RELEASE**. Формат описания блока **RELEASE** имеет вид:

40 RELEASE <A>

Операнд поля <A> блока **RELEASE** должен быть таким же, как и для соответствующего блока **SEIZE**. В нашем случае число 1 в поле <A> задает номер устройства, которое моделируется блоками **SEIZE** и **RELEASE** и по которым формируется выходная статистика. Блок **RELEASE** предназначен для освобождения устройства тем транзактом, которым оно было занято.

Вывод транзактов из системы осуществляется блоком **TERMINATE**. Формат описания блока **TERMINATE** имеет вид:

50 TERMINATE <A>

В поле <A> блока **TERMINATE** задается число единиц (транзактов), на которое этот блок изменяет содержимое счетчика завершений, определяющего момент окончания моделирования. В данном случае это число равно 1. Число в поле <A> блока **TERMINATE** можно рассматривать как коэффициент, на который следует умножить число выводимых транзактов, чтобы получить задаваемое значение счетчика завершений. Если результат произведения точно не равен числу счетчика завершений, то число выводимых транзактов через блок **TERMINATE** устанавливается с избытком. Значение счетчика завершений или количество транзактов, которое необходимо пропустить через модель, задается оператором **START**. Формат описания оператора **START** имеет вид:

START <A>

Поле <A> оператора **START** задает значение счетчика завершений. В нашем случае это число равно 100. Оператор **START** используется также для инициирования начала моделирования.

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.2.1

Saturday, February 20, 2016 08:47:40

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	714.047	5	1	0

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	100	0	0
	2	SEIZE	100	0	0
	3	ADVANCE	100	0	0
	4	RELEASE	100	0	0
	5	TERMINATE	100	0	0

```
FACILITY        ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 1               100    0.699      4.994  1       0    0    0    0     0


FEC XN   PRI        BDT     ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
  101    0        718.106   101      0      1
```

Рисунок 2 - Стандартный отчет EXAM02.RPT

Для задания окончания работы с системой GPSS и возвращения в рабочее окно используется оператор **END**. Формат описания оператора **END** имеет вид:

END

Чтобы остаться в системе GPSS для работы с различными окнами следует закомментировать оператор **END** точкой с запятой или звездочкой. Возврат в рабочее окно осуществляется путем набора команды **END** в текущем окне системы GPSS.

Файл стандартного отчета для задачи 2 (программа EXAM02.GPS) под именем EXAM02.RPT приведен на рис. 2. Отличия от предыдущего отчета состоят в изменении времени моделирования 686, коэффициенте использования 0.702 и среднем времени обработки одного транзакта 4.82.

Задача 3. В систему массового обслуживания *(Q-схему)* поступают заявки, распределенные по равномерному закону в интервале 5 ± 2 мин. (от 3 до 7 мин). Обработка поступивших заявок осуществляется также по равномерному закону распределения в интервале 7 ± 2 мин (от 5 до 9 мин). Необходимо смоделировать работу системы обслуживания в течение 120 мин. Программа решения задачи 3 приведена на листинге 3 под именем EXAM03.GPS. В этом примере временной интервал поступления заявок меньше интервала обслуживания (по среднему значению). Здесь можно говорить о решении с помощью условного вложенного цикла, который образует двойная конструкция блоков **GENERATE** - **TERMINATE**.

Временной период работы системы задается блоками **GENERATE** (под номером 5), **TERMINATE** (под номером 7) и оператором **START**. Генерация одного транзакта происходит через 120 мин, которые указаны в поле <A> первого блока GENERATE. Этот транзакт выводится из системы блоком **TERMINATE**.

Листинг 3. Программа EXAM03.GPS

```
5   GENERATE 120;       Генерация транзакта через 120 мин
7   TERMINATE 1;        Уничтожение транзакта внешнего цикла
10 GENERATE 5,2;        Генерация транзактов
20 SEISE 1
30 ADVANCE 7,2
40 RELEASE 1
50 TERMINATE;  Уничтожение обработанных транзактов
START 1;                Задание числа счетчика завершений
```

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.5.1

Saturday, February 20, 2016 08:52:57

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	120.000	7	1	0

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	1	0	0
	2	TERMINATE	1	0	0
	3	GENERATE	25	9	0
	4	SEIZE	16	0	0
	5	ADVANCE	16	1	0
	6	RELEASE	15	0	0
	7	TERMINATE	15	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
1	16	0.947	7.102	1	17	0	0	0	9

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
27	0	122.892	27	0	3		
17	0	128.153	17	5	6		
28	0	240.000	28	0	1		

Рисунок 3 - Стандартный отчет EXAM03.RPT

Число счетчика завершений 1 установлено в поле <A> оператора **START**. В то же время второй блок **GENERATE** (под номером 10) генерирует транзакты каждые 5±2 мин. Уничтожение транзактов осуществляется блоком **TERMINATE** без изменения счетчика завершений, т.е. блок **TERMINATE** применяется с пустыми полями. В файле стандартного отчета EXAM03.RPT (рис. 3) приведены результаты работы системы для заданного времени (120 мин). Как следует из отчета, за 120 мин было сгенерировано 25 транзактов в условном вложенном цикле, который отражает основную работу моделируемой системы *S*. Обработано и выведено из системы 15 транзактов. Работа условного внешнего цикла связана с числом счетчика завершений через блок **TERMINATE** с непустым полем <A> (в нем задано число 1, которое равно числу счетчика завершений). На момент окончания моделирования в устройство поступил девятнадцатый по счету транзакт внутреннего цикла. Это число показано в поле **OWNER** статистики устройства. Среднее время занятости устройства составляет 6.39 мин. Коэффициент использования устройства равен 0.958. Число транзактов, ожидающих специальных условий для устройства, равно 8. Поле **DELAY** статистики устройства заполнено (число 8) потому, что работа внутреннего цикла была прервана внешним циклом путем назначенного времени работы (число 120).

Время работы системы отражено в поле показателя **END_TIME.** Блок **TERMINATE** условного внутреннего цикла вывел из системы 17 транзактов, которые не связаны с числом счетчика завершений.

Задача 4. В систему массового обслуживания *(Q-схему)* поступает и обрабатывается фиксированное число заявок. Примем, что заявки поступают в систему по равномерному закону из интервала времени, равного от 3 до 7 мин. Обработка заявок осуществляется также по равномерному закону в интервале времени от 5 до 9 мин. Необходимо смоделировать работу системы при поступлении и обработке 100 заявок.

Подобное условие задачи часто требуется для уточнения характера работы системы, когда в ней обслуживание заявок осуществляется медленнее, чем поступление этих заявок в систему.

Программа решения задачи 4 приведена на листинге 4 (**EXAM04.GPS).**

Листинг 4. Программа EXAM04.GPS

```
10 GENERATE 5,2,,100;     Генерация 100 транзактов
20 SEIZE 1
30 ADVANCE 7,2
40 RELEASE 1
50 TERMINATE 1;          Уничтожение транзактов (вывод из системы)
START 100;        Задание числа счетчика завершений
```

Решение поставленной задачи с фиксированным числом входящих и обрабатываемых заявок осуществляется с помощью дополнительного поля блока **GENERATE.** В данном случае он имеет следующий формат записи:

10 GENERATE <A>,<B>,<C,<D>

В блоке **GENERATE** используются поля <A>,<B>,<C,<D>, среди которых поля <C>,<D> - новые. Поле <C> назначает временную задержку начала моделирования. Если оно пусто, то это означает, что задержка нулевая (как в нашей программе). В поле <D> указывается число генерируемых транзактов. В данном случае это число равно 100 и совпадает с числом счетчика завершений, указанным в операторе **START.**

Время работы системы зависит только от времени генерации заявок (транзактов) и времени их обработки. Моделирование системы будет происходить до тех пор, пока не сгенерируются и не выведутся 100 транзактов.

Результаты моделирования системы по заданному количеству поступающих и обрабатываемых заявок приведены в файле стандартного отчета с именем **EXAM04.RPT** (рис. 4). Несмотря на то что время генерации транзактов в примере меньше времени обработки, поле **CURRENT_COUNT** файла стандартного отчета нулевое, так как число сгенерированных транзактов равно числу счетчика завершений. Число 100 установлено в поле <D> блока **GENERATE** и в поле <A> оператора **START**. Сколько сообщений вошло в систему, столько обработалось и вышло из системы.

```
GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.72.1

Thursday, September 20, 2018 11:38:57

START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
    0.000            715.916     5        1          0

LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                   1    GENERATE           100            0       0
                   2    SEIZE              100            0       0
                   3    ADVANCE            100            0       0
                   4    RELEASE            100            0       0
                   5    TERMINATE          100            0       0

FACILITY         ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 1                 100    0.991       7.095  1        0    0    0     0      0
```

Рисунок 4 - Стандартный отчет EXAM04.RPT

Если сравнивать результаты моделирования в отчетах EXAM02.RPT и EXAM04.RPT, то можно заметить, что количество проходящих транзактов (заявок) без задержки через блоки системы одно и то же. Но этот результат в первом случае обусловлен более медленной генерацией транзактов по сравнению со временем обработки, а во втором случае объясняется жестко детерминированным заданием генерирования транзактов и их вывода из системы.

Задания на исследования.

1. Исследовать работу детерминированной системы при фиксированном времени поступления заявок и меняющимся времени обслуживания (исходные данные взять из таблицы вариантов), результаты исследований занести в таблицу 1 и построить по ним график. Полученные результаты пояснить. Сделать выводы.

Таблица 1 – Зависимость коэффициента использования обслуживающего устройства и числа заблокированных (потерянных) заявок от интенсивности обслуживания детерминированной системой.

Интервал поступления заявок	Время обслуживания заявок	Коэффициент использования обслуживающего устройства	Число заблокированных (потерянных) заявок

2. Исследовать работу детерминированной системы при фиксированном времени обслуживания и меняющимся времени поступления заявок (исходные данные взять из таблицы вариантов, поменяв значения 2 и 3 столбцов местами), результаты исследований занести в таблицу 2 и построить по ним график. Полученные результаты пояснить. Сделать выводы.

Таблица 2 – Зависимость коэффициента использования обслуживающего устройства и числа заблокированных (потерянных) заявок от интенсивности поступающих заявок в детерминированной системе.

Интервал поступления заявок	Время обслуживания заявок	Коэффициент использования обслуживающего устройства	Число заблокированных (потерянных) заявок

3. Исследовать работу стохастической системы при фиксированном времени поступления заявок и меняющимся времени обслуживания (исходные данные взять из таблицы вариантов), результаты исследований занести в таблицу 3 и построить по ним график. Полученные результаты пояснить. Сделать выводы.

Таблица 3 – Зависимость коэффициента использования обслуживающего устройства и числа заблокированных (потерянных) заявок от интенсивности обслуживания стохастической системой.

Интервал поступления заявок	Время обслуживания заявок	Коэффициент использования обслуживающего устройства	Число заблокированных (потерянных) заявок

4. Исследовать работу стохастической системы при фиксированном времени обслуживания и меняющимся времени поступления заявок (исходные данные взять из таблицы вариантов, поменяв значения 4 и 5 столбцов местами), результаты исследований занести в таблицу 4 и построить по ним график. Полученные результаты пояснить. Сделать выводы.

Таблица 4 – Зависимость коэффициента использования обслуживающего устройства и числа заблокированных (потерянных) заявок от интенсивности поступающих заявок в стохастической системе.

Интервал поступления заявок	Время обслуживания заявок	Коэффициент использования обслуживающего устройства	Число заблокированных (потерянных) заявок

5. При фиксированном времени работы системы, изменяя параметры модели необходимо добиться того, чтобы не было не обслуженных заявок, при максимально возможном коэффициенте использования обслуживающего устройства (исходные данные взять из таблицы вариантов). Полученные результаты пояснить. Сделать выводы.

Таблица вариантов исходных данных

Вариант №	**Детерминированная система**		**Стохастическая система**		**Время работы системы**
	Интервал поступления	**Время обслуживания**	**Интервал поступления**	**Интервал времени**	

	заявок	заявок	заявок	обслуживания заявок	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1.	3	1-4	4	1_7	60
2.	4	1-5	5	1_9	70
3.	5	1-6	6	1_11	80
4.	6	1-7	7	1_13	90
5.	7	1-8	8	1_15	100
6.	3	1-4	4	1_7	110
7.	4	1-5	5	1_9	60
8.	5	1-6	6	1_11	70
9.	6	1-7	7	1_13	80
10.	7	1-8	8	1_15	90
11.	3	1-4	4	1_7	100
12.	4	1-5	5	1_9	110
13.	5	1-6	6	1_11	60
14.	6	1-7	7	1_13	70
15.	7	1-8	8	1_15	80
16.	3	1-4	4	1_7	90
17.	4	1-5	5	1_9	100
18.	5	1-6	6	1_11	110
19.	6	1-7	7	1_13	60
20.	7	1-8	8	1_15	70
21.	3	1-4	4	1_7	80
22.	4	1-5	5	1_9	90
23.	5	1-6	6	1_11	100
24.	6	1-7	7	1_13	110
25.	7	1-8	8	1_15	60

Контрольные вопросы

1. Формат описания блока GENERATE.
2. Какие действия производит блок GENERATE?
3. Какие поля имеет блок GENERATE и для чего они предназначены?
4. Формат описания блока ADVANCE.
5. Какие действия производит блок ADVANCE?
6. Какие поля имеет блок ADVANCE и для чего они предназначены?
7. Формат описания блока SEIZE.
8. Какие действия производит блок SEIZE?
9. Какие поля имеет блок SEIZE и для чего они предназначены?
10. Формат описания блока RELEASE.
11. Какие действия производит блок RELEASE?
12. Какие поля имеет блок RELEASE и для чего они предназначены?
13. Формат описания блока TERMINATE.
14. Какие действия производит блок TERMINATE?
15. Какие поля имеет блок TERMINATE и для чего они предназначены?
16. Формат описания оператора START.
17. На что указывает в файле стандартного отчета параметр ENTRY_COUNT?
18. На что указывает в файле стандартного отчета параметр CURRENT_COUNT?
19. На что указывает в файле стандартного отчета параметр RETRY?
20. На что указывает в файле стандартного отчета параметр INTER?
21. На что указывает в файле стандартного отчета параметр DELAY?
22. На что указывает в файле стандартного отчета параметр ENTRIES?
23. На что указывает в файле стандартного отчета параметр UTIL.?
24. На что указывает в файле стандартного отчета параметр AVE_TIME?
25. На что указывает в файле стандартного отчета параметр AVAIL.?

26. На что указывает в файле стандартного отчета параметр PEND?
27. На что указывает в файле стандартного отчета параметр OWNER?

Практическая работа №3

Тема: Программирование имитационных моделей систем (каналов) связи в среде GPSS с использованием блоков SPLIT и ASSEMBLE.

Блоки **SPLIT**, **ASSEMBLE** относятся к блокам создания и уничтожения транзактов. Блок **SPLIT**, в отличие от блока **GENERATE**, самостоятельно не создает транзактов. Он только создает заданное количество копий от входящего в него транзакта. При этом входящий транзакт называют часто транзактом-родителем, а копию — транзактом-потомком.

Блок **SPLIT** имеет следующий формат записи:

SPLIT <A>,[<B>],[<C>]

В поле <A> блока **SPLIT** задается число задаваемых копий. Операнд поля <A> может быть положительным целым, именем, стандартным числовым атрибутом (СЧА), СЧА с параметром (СЧА в GPSS являются целыми числами). Если используется только поле <A>, то из блока **SPLIT** выходит заданное количество копий, которые следуют в следующий по номеру блок. Поле <B> задает номер следующего блока, к которому переходят копии исходного сообщения или транзакта-родителя. В поле <C> может быть задан номер параметра, используемого для присвоения копиям последовательных номеров. Каждая новая копия становится членом семейства транзактов, порожденного одним исходным транзактом, который был создан блоком **GENERATE**.

Блок **ASSEMBLE** условно относится к блокам уничтожения транзактов. Функция уничтожения проявляется в том, что блок **ASSEMBLE** объединяет определенное количество транзактов, после чего из него выходит один транзакт, а все остальные уничтожаются. В то же время этот блок выполняет скорее собирательную функцию, которая бывает необходима при моделировании процесса сбора деталей, сообщений, отдельных частей информации для полного представления объекта моделирования, т.е. системы S. Блок **ASSEMBLE** осуществляет сборку заданного числа транзактов. Блок **ASSEMBLE** имеет следующий формат:

ASSEMBLE <A>

Поле <A> объединяет заданное число транзактов, принадлежащих к одному семейству, в один транзакт, который переходит в следующий по номеру блок. Операнд поля <A> может быть положительным целым числом, именем, СЧА, СЧА с параметром.

Блок **TRANSFER** относится к блокам, которые изменяют маршруты транзактов. Он является основным средством моделирующего алгоритма, позволяющим направить сообщение к любому блоку модели.

Общий формат записи для блока **TRANSFER** имеет вид:

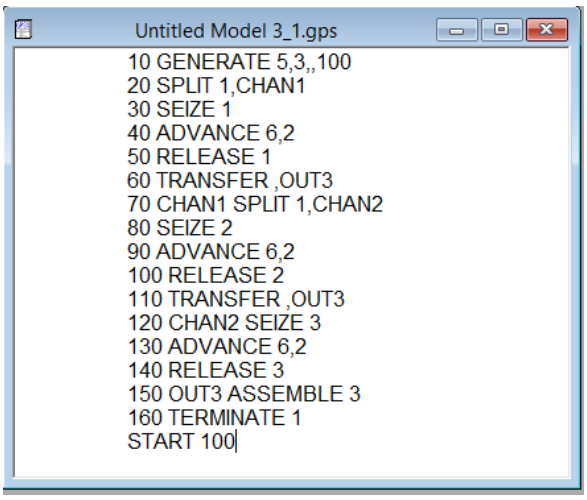
TRANSFER <A>,[<B>],[<C>],[<D>]

Блок **TRANSFER** имеет следующие режимы работы: безусловный (пробел); статистический (.); **BOTH**; **ALL**; **PICK**; функция (**FN**); параметр (**P**); подпрограмма (**SBR**); **SIM**.

Операнд поля <**A**> может быть положительным целым числом, именем, дробным числом, СЧА, СЧА с параметром. Поля <**B**> и <**C**> задают возможные значения номеров (имен по метке) следующих блоков или их положение. В поле <**D**> в некоторых случаях указывается параметр перехода к следующему блоку.

Задача 1. В систему массового обслуживания (Q-схему) поступают пакеты заявок по равномерному закону в интервале 5±3 мин. Обработка заявок, поступивших на первую сортировку, осуществляется также по равномерному закону в интервале 6±2 мин. Далее рассортированные заявки проходят параллельную обработку с еще одним этапом сортировки. После обработки заявки собираются в один пакет и выводятся из системы. Необходимо смоделировать работу системы по обработке 100 пакетов.

Листинг 1. Программа Model 3_1.gps



Текст программы приведен на листинге 1. В приведенной программе блок **TRANSFER** используется в режиме безусловного перехода по метке к заданному блоку **ASSEMBLE**, который осуществляет сборку трех компонентов пакета заявок и выводит один пакет. Таким образом, происходит обработка и формирование 100 пакетов. Первый блок программы **SPLIT** создает одну копию и отправляет по метке **CHAN1** на другой блок **SPLIT**, который также создает одну копию и отправляет на сборку в блок **ASSEMBLE**. Такое копирование транзактов моделирует сортировку информации каждого пакета. Входящий пакет рассортировывается на три части, которые проходят обработку в трех устройствах с одной и той же временной задержкой и потом вновь из них формируется один пакет. Формально в блоке **ASSEMBLE** собираются 300 частей, из которых собирается 100 пакетов.

Рассматриваемые блоки в программе имеют следующие форматы записи:

- блоки **SPLIT**:

20 SPLIT 1, CHANl
70 CHANl SPLIT 1, CHAN2

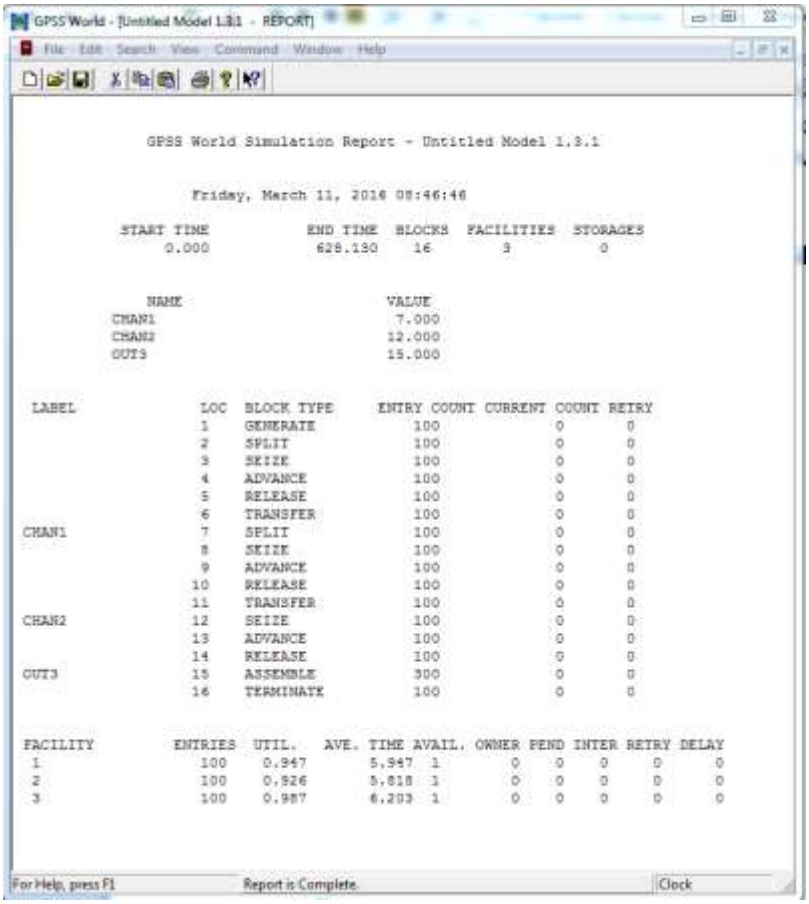
- блоки **TRANSFER**:

60 TRANSFER ,OUT3
110 TRANSFER ,OUT3

- блок **ASSEMBLE**:

150 OUT3 ASSEMBLE 3

Блок **SPLIT** под номером 20 копирует один транзакт, отправляет его по метке **CHAN1** на второй блок **SPLIT**. При этом через первый блок **SPLIT** проходит транзакт-родитель на следующий по номеру блок (**30 SEIZE 1**). Второй блок **SPLIT** также копирует один транзакт, отправляет его по метке на третье устройство (**120 CHAN2 SEIZE 3**) и пропускает транзакт-родителя на второе устройство (**80 SEIZE 2**). В блоке **ASSEMBLE** собираются транзакты после блоков **TRANSFER** (**60 TRANSFER ,OUT3 и 110 TRANSFER ,OUT3**) и блока **RELEASE** (**140 RELEASE 3**). С каждым шагом уменьшения числа счетчика завершений в блоке **ASSEMBLE** собираются три транзакта, а выходит из него только один. За полный цикл моделирования в блоке **ASSEMBLE** собираются 300 транзактов и выходят из него 100 транзактов. Формально блок **ASSEMBLE** уничтожает 200 транзактов.



GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.3.1

Friday, March 11, 2016 08:46:46

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	628.130	16	3	0

NAME	VALUE
CHAN1	7.000
CHAN2	12.000
OUT3	15.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	100	0	0
	2	SPLIT	100	0	0
	3	SEIZE	100	0	0
	4	ADVANCE	100	0	0
	5	RELEASE	100	0	0
	6	TRANSFER	100	0	0
CHAN1	7	SPLIT	100	0	0
	8	SEIZE	100	0	0
	9	ADVANCE	100	0	0
	10	RELEASE	100	0	0
	11	TRANSFER	100	0	0
CHAN2	12	SEIZE	100	0	0
	13	ADVANCE	100	0	0
	14	RELEASE	100	0	0
OUT3	15	ASSEMBLE	300	0	0
	16	TERMINATE	100	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
1	100	0.947	5.947	1	0	0	0	0	0
2	100	0.926	5.818	1	0	0	0	0	0
3	100	0.987	6.203	1	0	0	0	0	0

Рисунок 1 - Стандартный отчет Model 3_1.gpr

Описанную логику работы программы 1 легко просмотреть по файлу стандартного отчета, (рис. 1). Основное внимание следует обратить на количество транзактов, входящих в каждый блок модели. Видно, что во все блоки, кроме **ASSEMBLE**, входило 100 транзактов. В блок **ASSEMBLE** вошло 300 транзактов, а вышло 100, которые затем вошли в блок **TERMINATE** и там все уничтожились (выведены из системы). Формально в блоке **ASSEMBLE** уничтожено 200 транзактов, а по логике работы системы произошло объединение отдельных частей заявок в один общий пакет.

В устройства под номерами 1,2,3 (**FACILITY**) входило 100 транзактов (тем самым осуществлялась параллельная обработка), среднее время пребывания в них составило 5.94, 5.81, 6.2 единиц времени соответственно. Коэффициенты использования этих .устройств (часть времени от общего времени моделирования) соответственно равны 0.947, 0.926, 0.987. Полное время моделирования заняло 628 единиц времени. Наличие поля <D> в блоке **GENERATE** позволило завести в систему обслуживания 100 пакетов и 100 обработанных пакетов вывести. Причем первый блок **SPLIT** под номером 20 формально порождает одну копию транзакта и отправляет по метке **CHAN1** для еще одного копирования (блоком **SPLIT** под номером 70) и по обработке во втором устройстве (блоки **SEIZE**, **ADVANCE**, **RELEASE** соответственно под номерами 80, 90, 100). Второй блок **SPLIT** копирует транзакт и отправляет его по метке **CHAN2** на третье устройство, которое моделируется блоками **SEIZE**, **ADVANCE**, **RELEASE** (номера блоков 120, 130, 140).

Два блока **TRANSFER** под номерами 60 и 110 в режиме безусловной передачи отправляют обработанные транзакты в блок сборки **ASSEMBLE** под номером 150 с меткой **OUT3**. В блок **ASSEMBLE** входит также транзакт после третьего устройства. Блок **ASSEMBLE** принял всего 300 транзактов, а вывел 100 транзактов, что отражает процесс сборки сообщений в одно новое. Формально же блок **ASSEMBLE** собрал 300 транзактов, 200 из них уничтожил и 100 транзактов отправил на следующий по номеру блок (блок **TERMINATE** под номером 160). Каждый сгенерированный транзакт расщепляется в конце концов на три и после обработки происходит сбор в блоке **ASSEMBLE**.

Рассмотрим работу блока **TRANSFER** в режиме статистического выбора.

Задача 2. В систему массового обслуживания (Q-схему) поступают заявки по равномерному закону через 5±2 мин. Обработка заявок осуществляется двумя обслуживающими каналами.

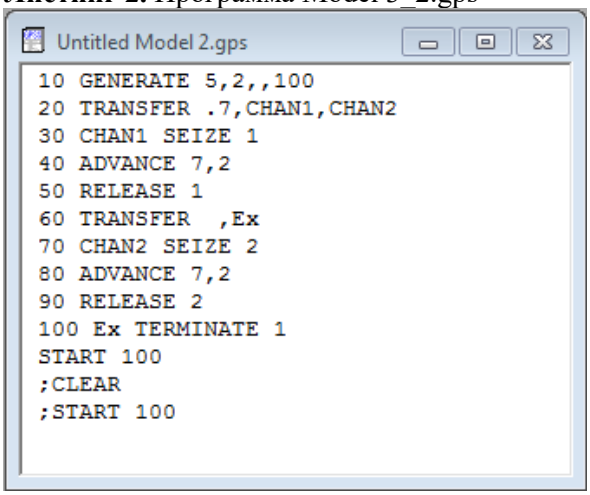
Поступление заявок в тот или иной канал происходит с вероятностью 0.3 и 0.7. Обслуживание заявок каждым каналом происходит по равномерному закону со временем 7±2 мин. Необходимо осуществить обработку 100 заявок при одном и двух прогонах программы.

Программа решения задачи 2 приведена на листинге 2. Здесь предусмотрен оператор очистки данных **CLEAR**. В приводимой программе первый прогон происходит при закомментированных операторах **CLEAR** и **START 100**. Для выполнения двух прогонов программы используются два оператора **START 100** и один оператор **CLEAR** между ними.

Формат записи блока **TRANSFER** в режиме статистического выбора имеет вид:

20 TRANSFER .7,CHAN1,CHAN2

Листинг 2. Программа Model 3_2.gps



В поле <**A**> записано число 0.7. Это означает, что из общего числа транзактов, входящих в блок **TRANSFER** под номером 20, в среднем 0.7 по вероятности будут пытаться войти в блок **CHAN2**. Остальные 0.3 от 100 также по вероятности будут пытаться войти в блок **CHAN1**. Передача транзактов в блоки происходит по меткам, которые записываются в поля <**B**> и <**C**> соответственно. Блок **TRANSFER** под номером 60 осуществляет безусловную передачу транзактов в блок **TERMINATE**.

Оператор **CLEAR** записывается в формате без параметров или с пустыми полями данных. Он позволяет осуществлять параллельные машинные эксперименты с моделями систем. Проведение параллельных экспериментов необходимо для систем с вероятностными процессами, для которых, как правило, необходимо вычисление средних операционных характеристик.

Следующие файлы стандартного отчета для программы Model 2.gps отражают процессы моделирования при одном и двукратном прогонах при статистическом выборе блока **TRANSFER**.

Файлы стандартного отчета программы Model 2.gps при однократном (рис. 2) и при двукратном прогоне (рис. 3). Как видно на файлах стандартного отчета, результаты моделирования заметно различаются: в первом случае через устройство с меткой **CHAN1** прошло и обработалось 34 транзакта, через устройство с меткой **CHAN2** прошло и обработалось 66 транзактов. В сумме они дают 100 транзактов, что и требовалось по условию примера. Во втором случае имеем 31 и 69 транзакта соответственно. В сумме опять получается 100. Разброс обрабатываемых транзактов обусловлен статистическим выбором блока под номером **20 TRANSFER**. Переброс 70 % транзактов в устройство с меткой **CHAN2** происходит статистически. Статистика работы устройств также различна: в первом случае (при однократном прогоне) коэффициенты использования каналов равны 0.497 и 0.917, соответственно для **CHAN1** и **CHAN2**, среднее время обработки равно 7.330 и 6.972 мин; во втором случае (при двукратном прогоне) коэффициенты использования устройств равны 0.399 и 0.891, соответственно для **CHAN1** и **CHAN2**, среднее время обработки равно 7.33 и 6.972 мин.

Блок **TRANSFER** под номером 60 функционирует в режиме безусловной передачи. Он отправляет обработанные транзакты в блок **TERMINATE** для их уничтожения или, как можно сказать, в реальном случае для вывода сообщений из системы.

Untitled Model 2.11.1 - REPORT

```
              GPSS World Simulation Report - Untitled Model 2.11.1


                    Friday, March 11, 2016 09:22:00

           START TIME           END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
                0.000            501.559    10        2          0


              NAME                        VALUE
          CHAN1                            3.000
          CHAN2                            7.000
          EX                              10.000


 LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                     1   GENERATE           100             0       0
                     2   TRANSFER           100             0       0
CHAN1                3   SEIZE               34             0       0
                     4   ADVANCE             34             0       0
                     5   RELEASE             34             0       0
                     6   TRANSFER            34             0       0
CHAN2                7   SEIZE               66             0       0
                     8   ADVANCE             66             0       0
                     9   RELEASE             66             0       0
EX                  10   TERMINATE          100             0       0


FACILITY         ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 1                   34    0.497       7.330  1        0    0    0     0      0
 2                   66    0.917       6.972  1        0    0    0     0      0
```

Рисунок 2 - Стандартный отчет Model 3_2.gpr при однократном прогоне

Untitled Model 2.13.2 - REPORT

```
              GPSS World Simulation Report - Untitled Model 2.13.2


                    Friday, March 11, 2016 09:31:47

           START TIME           END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
                0.000            529.410    10        2          0


              NAME                        VALUE
          CHAN1                            3.000
          CHAN2                            7.000
          EX                              10.000


 LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                     1   GENERATE           100             0       0
                     2   TRANSFER           100             0       0
CHAN1                3   SEIZE               31             0       0
                     4   ADVANCE             31             0       0
                     5   RELEASE             31             0       0
                     6   TRANSFER            31             0       0
CHAN2                7   SEIZE               69             0       0
                     8   ADVANCE             69             0       0
                     9   RELEASE             69             0       0
EX                  10   TERMINATE          100             0       0


FACILITY         ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 1                   31    0.399       6.819  1        0    0    0     0      0
 2                   69    0.891       6.833  1        0    0    0     0      0
```

Рисунок 3 - Стандартный отчет Model 3_2.gpr при двукратном прогоне

Задача 3. Блок **TRANSFER** в режиме **BOTH**. Пусть в условиях задачи 2 заявки могут обрабатываться на одном из двух приборов; на 1-м за 5±3 мин, на 2-м за 7±2 мин. Причем предпочтительнее обработка на первом приборе. Программа решения задачи 3 приведена на листинге 3.

Листинг 3**.** Программа Model 3_3.gps

```
Untitled Model 3_3.gps
        10 GENERATE 5,2,,100
        20 TRANSFER BOTH,CHAN1,CHAN2
        30 CHAN1 SEIZE 1
        40 ADVANCE 5,3
        50 RELEASE 1
        60 TRANSFER ,EX
        70 CHAN2 SEIZE 2
        80 ADVANCE 7,2
        90 RELEASE 2
        100 EX TERMINATE 1
START 100
```

Формат записи блока **TRANSFER** в режиме **BOTH** имеет вид:

20 TRANSFER BOTH, CHAN1, CHAN2

В поле <**A**> блока **TRANSFER** стоит зарезервированное слово **BOTH**. В этом случае каждый входящий в блок **TRANSFER** транзакт пытается перейти к блоку, указанному в поле <**B**> (переход к устройству с меткой **CHAN1**). Если это сделать не удается, транзакт пытается перейти к блоку, указанному в поле <**C**> (переход к устройству с меткой **CHAN2**). Если транзакт не может перейти ни к одному из блоков, он остается в блоке **TRANSFER** и будет повторять в том же порядке попытки перехода при каждом просмотре интерпретатором GPSS/PC списка текущих событий до тех пор, пока не сможет выйти из блока **TRANSFER**. Режим работы **BOTH** блока **TRANSFER** определяет предпочтительность выбора перехода сообщения к тому или иному объекту моделируемой системы.

Результаты работы блока **TRANSFER** в режиме **BOTH** приведены в файле стандартного отчета (рис.4). Здесь отправка транзактов в устройство с меткой **CHAN1** имеет преимущество перед устройством с меткой **CHAN2.** Посылка транзактов во второе устройство происходит только в том случае, если 1-й канал занят. Количество проходящих через первое устройство транзактов может быть изменено при изменении времени обслуживания транзактов, т.е. при изменении временного интервала, который задается в блоке **ADVANCE.**

```
Untitled Model 3_3.2.1 - REPORT

          GPSS World Simulation Report - Untitled Model 3_3.2.1

               Friday, March 11, 2016 09:41:00

     START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
        0.000            516.718    10        2          0

        NAME                        VALUE
     CHAN1                           3.000
     CHAN2                           7.000
     EX                             10.000

 LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                     1   GENERATE           100          0        0
                     2   TRANSFER           100          0        0
CHAN1                3   SEIZE               71          0        0
                     4   ADVANCE             71          0        0
                     5   RELEASE             71          0        0
                     6   TRANSFER            71          0        0
CHAN2                7   SEIZE               29          0        0
                     8   ADVANCE             29          0        0
                     9   RELEASE             29          0        0
EX                  10   TERMINATE          100          0        0

FACILITY         ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 1                  71    0.686      4.992  1        0    0    0     0     0
 2                  29    0.396      7.063  1        0    0    0     0     0
```

Рисунок 4 - Стандартный отчет Model 3_3.gpr

Задача 4. Рассмотрим работу блока **TRANSFER** в режиме **ALL.** В систему массового обслуживания (*Q-схему)* поступают заявки по равномерному закону со временем 5±2 мин. Обработка заявок происходит в одном из четырех каналов обслуживания, для которых времена обслуживания составляют: 17±2 мин, 12±2 мин, 9±2 мин и 3±2 мин соответственно. Смоделировать работу системы по обработке 100 заявок четырьмя каналами, когда вновь поступающая заявка обслуживается любым свободным каналом.

Листинг 4. Программа Model 3_4_1.gps

Untitled Model 3_4_1.gps

```
10 GENERATE 5,2,,100
20 TRANSFER ALL,CHAN1,CHAN4,4
30 CHAN1 SEIZE 1
40 ADVANCE 17,2
50 RELEASE 1
60 TRANSFER ,EX
70 CHAN2 SEIZE 2
80 ADVANCE 12,2
90 RELEASE 2
100 TRANSFER ,EX
110 CHAN3 SEIZE 3
120 ADVANCE 9,2
130 RELEASE 3
140 TRANSFER ,EX
150 CHAN4 SEIZE 4
160 ADVANCE 3,2
170 RELEASE 4
180 EX TERMINATE 1
START 100
```

Блок **TRANSFER** в режиме **ALL** автоматически анализирует систему и выбирает свободное место по обслуживанию входящих заявок. В этом режиме транзакт занимает первый блок из совокупности, заданной полями <**B**>, <**C**>, <**D**> (программа Model 3_4_1.gps).

Блок **TRANSFER** в режиме **ALL** имеет следующий формат записи:

20 TRANSFER ALL, CHAN1, CHAN4,4

В поле <**A**> блока TRANSFER задается режим **ALL**. В поле <**B**> задается метка первого анализируемого устройства, а в поле <**C**> - метка последнего устройства. В поле <**D**> задается число, кратное количеству блоков между каждым из анализируемых устройств. В программе каждое устройство, начиная с первого, отделено друг от друга четырьмя блоками: **SEIZE**, **ADVANCE**, **RELEASE**, **TRANSFER**, **EXIT**. Блоки **TRANSFER, EXIT** работают в режиме безусловного перехода. В программе **Model 3_4_1.gps** время обработки каждого из устройств подобрано так, чтобы были задействованы все четыре устройства.

Если одно из устройств освобождается быстрее остальных, то это устройство окажется наиболее загруженным. Различную загрузку каналов без изменения времени обработки можно задать с помощью блоков копирования транзактов **SPLIT**. Такой вариант работы системы *(Q-схемы)* представлен в распечатке файла программы **Model 3_4_2.gps** на листинге 5.

В программах Model 3_4_1.gps и Model 3_4_2.gps рассмотрены примеры работы блока **TRANSFER** в режиме **ALL.** В этом режиме каждый транзакт пытается прежде всего перейти к блоку, указанному в поле <**B**>. Если транзакт в этот блок войти не может, то последовательно проверяются все блоки в определенном ряду в поисках первого, способного принять этот транзакт, включая блок, указанный в поле <**C**>. При этом номер каждого проверяемого блока вычисляется как сумма номера предыдущего блока и шага (натурального числа), заданного в поле <**D**>: где N - номер блока, указанного в поле <**B**>; h - значение шага, указанного в поле <**D**>; M - номер последнего блока, указанно в поле <**C**>. Для рассматриваемых программ шаг равен 4.

Листинг 5. Программа Model 3_4_2.gps

```
Untitled Model 3_4_2.gps
            10 GENERATE 5,2,,100
            11 SPLIT 1,CHAN2
            12 SPLIT 1,CHAN3
            20 TRANSFER ALL,CHAN1,CHAN4,4
            30 CHAN1 SEIZE 1
            40 ADVANCE 5,3
            50 RELEASE 1
            60 TRANSFER ,EX
            70 CHAN2 SEIZE 2
            80 ADVANCE 12,2
            90 RELEASE 2
            100 TRANSFER,EX
            110 CHAN3 SEIZE 3
            120 ADVANCE 9,2
            130 RELEASE 3
            140 TRANSFER ,EX
            150 CHAN4 SEIZE 4
            160 ADVANCE 3,2
            170 RELEASE 4
            180 EX TERMINATE 1
START 100
```

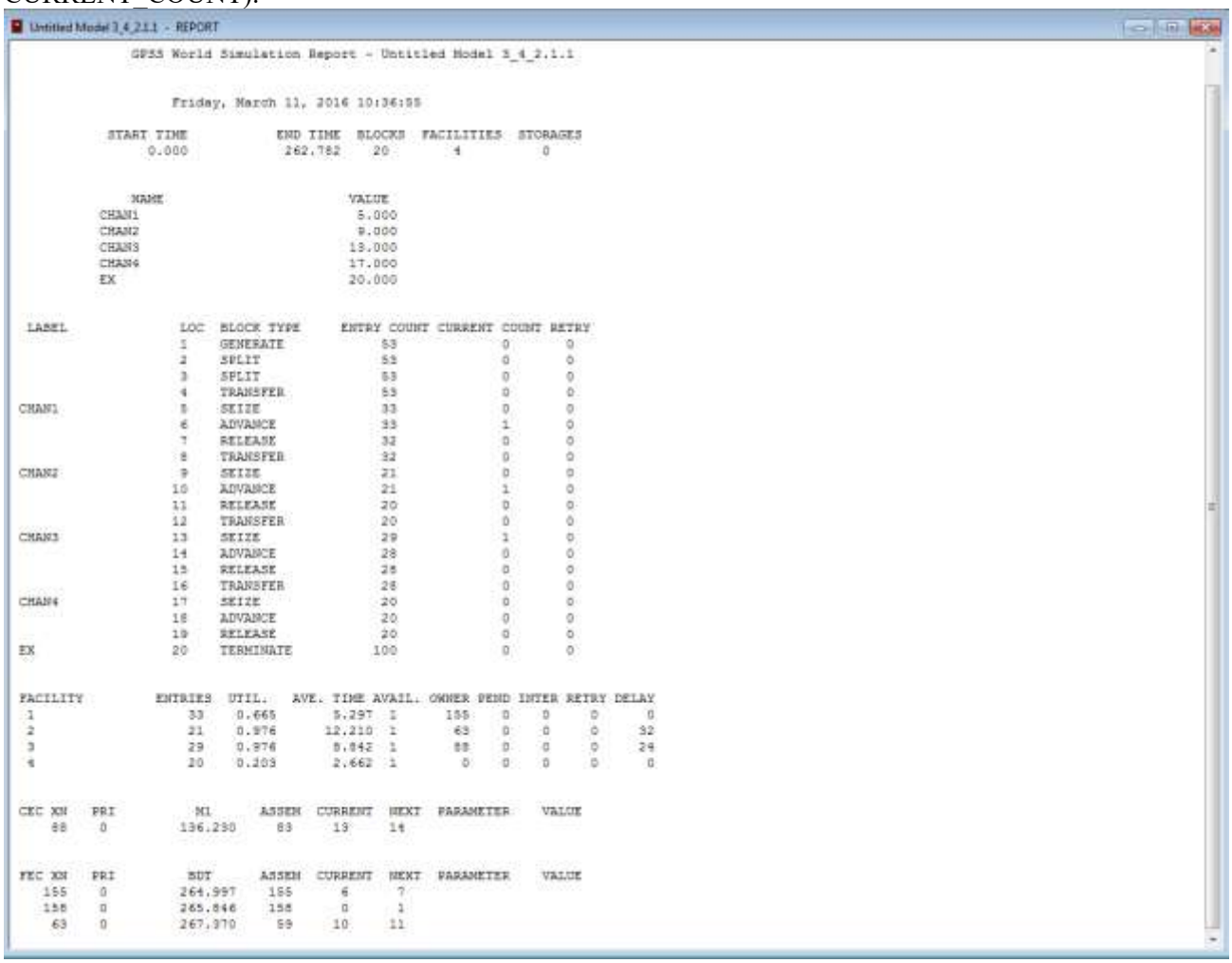
```
Untitled Model 3_4_1.7.1 - REPORT

              GPSS World Simulation Report - Untitled Model 3_4_1.7.1


                   Friday, March 11, 2016 10:33:20

          START TIME           END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
               0.000            523.106    18        4          0


              NAME                        VALUE
         CHAN1                             3.000
         CHAN2                             7.000
         CHAN3                            11.000
         CHAN4                            15.000
         EX                               18.000


 LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                     1    GENERATE           100             0       0
                     2    TRANSFER           100             0       0
CHAN1                3    SEIZE               26             0       0
                     4    ADVANCE             26             0       0
                     5    RELEASE             26             0       0
                     6    TRANSFER            26             0       0
CHAN2                7    SEIZE               31             0       0
                     8    ADVANCE             31             0       0
                     9    RELEASE             31             0       0
                    10    TRANSFER            31             0       0
CHAN3               11    SEIZE               27             0       0
                    12    ADVANCE             27             0       0
                    13    RELEASE             27             0       0
                    14    TRANSFER            27             0       0
CHAN4               15    SEIZE               16             0       0
                    16    ADVANCE             16             0       0
                    17    RELEASE             16             0       0
EX                  18    TERMINATE          100             0       0


FACILITY          ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 1                    26    0.853     17.155  1        0    0    0     0     0
 2                    31    0.722     12.177  1        0    0    0     0     0
 3                    27    0.453      8.785  1        0    0    0     0     0
 4                    16    0.087      2.859  1        0    0    0     0     0
```

Рисунок 5 - Стандартный отчет Model 3_4_1.gpr

Результаты моделирования представлены на рис. 5 с именем **Model 3_4_1.gpr**.

Перераспределение транзактов по устройствам в программе **Model 3_4_2.gps** осуществляется блоками **SPLIT,** которые дополнительно загружают устройства. В каждое из устройств вошло

соответственно 33, 21, 29, 20 транзактов. В сумме они дают число 103. По условию систему должны покинуть 100 транзактов. Оставшиеся три транзакта остались в трех первых приборах (в поле CURRENT_COUNT).



```
Untitled Model 3_4_2.1.1 - REPORT

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 3_4_2.1.1

Friday, March 11, 2016 10:36:55

START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
    0.000            262.782    20        4          0

NAME                      VALUE
CHAN1                      5.000
CHAN2                      9.000
CHAN3                     13.000
CHAN4                     17.000
EX                        20.000

LABEL            LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                  1   GENERATE            53            0       0
                  2   SPLIT               53            0       0
                  3   SPLIT               53            0       0
                  4   TRANSFER            53            0       0
CHAN1             5   SEIZE               33            0       0
                  6   ADVANCE             33            1       0
                  7   RELEASE             32            0       0
                  8   TRANSFER            32            0       0
CHAN2             9   SEIZE               21            0       0
                 10   ADVANCE             21            1       0
                 11   RELEASE             20            0       0
                 12   TRANSFER            20            0       0
CHAN3            13   SEIZE               29            1       0
                 14   ADVANCE             28            0       0
                 15   RELEASE             28            0       0
                 16   TRANSFER            28            0       0
CHAN4            17   SEIZE               20            0       0
                 18   ADVANCE             20            0       0
                 19   RELEASE             20            0       0
EX               20   TERMINATE          100            0       0

FACILITY        ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 1                 33    0.665      5.297  1      155    0    0     0     0
 2                 21    0.976     12.210  1       63    0    0     0    32
 3                 29    0.976      8.842  1       88    0    0     0    24
 4                 20    0.203      2.662  1        0    0    0     0     0

CEC XH   PRI        M1      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
   88     0      136.230     83     13      14

FEC XH   PRI        BDT     ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
  155     0      264.997    155      6       7
  158     0      265.846    158      0       1
   63     0      267.370     59     10      11
```

Рисунок 6 - Стандартный отчет Model 3_4_2.gpr

Задача 5. Рассмотрим работу блока **TRANSFER** в режиме **PICK.** Смоделировать обслуживание 100 заявок, которые поступают в *Q-схему* каждые 5±2 мин. Обработка заявок может осуществляться четырьмя каналами с равной вероятностью и временем обслуживания 12±2 мин, 9±2 мин, 7±2 мин, 13±2 мин соответственно.

Программа решения задачи 5 Model 3_5.gps приведена на листинге 6. В программе предусматривается возможность повторных прогонов (операторы CLEAR и START 100).

Формат записи блока TRANSFER в режиме **PICK** имеет следующий вид:

20 TRANSFER PICK,3,6

В поле <**A**> стоит зарезервированное слово **PICK.** В этом режиме блок **TRANSFER** случайным образом с равной вероятностью отправляет транзакт в один из блоков, которые составляют ряд от начального блока, указанного в поле <**B**>, до блока, указанного в поле <**C**>. Если блок поля <**B**> обозначить как N, а блок поля <**C**> как M, то вероятность отправления транзакта на один из блоков с номерами N, N+1, N+2, ..., M равна

$$\frac{1}{(M-N)+1}$$

Для программы Model 3_5.gps эта вероятность равна $\frac{1}{(6-3)+1} = 0.25$.

Листинг 6. Программа Model 3_5.gps

```
Untitled Model 3_5.gps
10 GENERATE 5,2,,100
20 TRANSFER PICK,3,6
30 TRANSFER ,CHAN1
31 TRANSFER ,CHAN2
32 TRANSFER ,CHAN3
33 TRANSFER ,CHAN4
******************* 1-й канал обслуживания****
35 CHAN1 SEIZE 1;
40 ADVANCE 12,2
50 RELEASE 1
60 TRANSFER,EX
*******************2-й канал обслуживания****
70 CHAN2 SEIZE 2;
80 ADVANCE 9,2
90 RELEASE 2
100 TRANSFER ,EX
*******************3-й канал обслуживания****
110 CHAN3 SEIZE 3;
120 ADVANCE 7,2
130 RELEASE 3
140 TRANSFER ,EX
*******************4-й канал обслуживания****
150 CHAN4 SEIZE 4;
160 ADVANCE 13,2
170 RELEASE 4
************************************************
180 EX TERMINATE 1
START 100
;CLEAR
;START 100
;CLEAR
;START 100
;CLEAR
```

Некоторая ограниченность применения блока **TRANSFER** в режиме **PICK** может быть обусловлена необходимостью расположения принимающих блоков в строгой последовательности друг за другом. Но, как следует из программы Model 3_5.gps, с помощью блока **TRANSFER** в режиме безусловного перехода можно проводить распределение транзактов в любую точку модели (к любому блоку).

Результаты моделирования Model 3_5.gpr (рис. 7) для программы Model 3_5.gps демонстрируют особенности работы блока **TRANSFER** в режиме **PICK**. Несколько прогонов программы приводят к изменению результатов. Это объясняется тем, что рассматриваемый режим работы является вероятностным. В случае обслуживания одного транзакта (установить **START** 1) он случайным образом попадает в какой-то канал обслуживания. При различных прогонах транзакт будет попадать равновероятно в разные каналы.

Untitled Model 3_5.4.1 - REPORT

```
GPSS World Simulation Report - Untitled Model 3_5.4.1

Friday, March 11, 2016 10:44:13

START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
    0.000            492.555    22        4          0

NAME                        VALUE
CHAN1                        7.000
CHAN2                       11.000
CHAN3                       15.000
CHAN4                       19.000
EX                          22.000

LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                    1   GENERATE           100            0       0
                    2   TRANSFER           100            0       0
                    3   TRANSFER            24            0       0
                    4   TRANSFER            24            0       0
                    5   TRANSFER            28            0       0
                    6   TRANSFER            24            0       0
CHAN1               7   SEIZE               24            0       0
                    8   ADVANCE             24            0       0
                    9   RELEASE             24            0       0
                   10   TRANSFER            24            0       0
CHAN2              11   SEIZE               24            0       0
                   12   ADVANCE             24            0       0
                   13   RELEASE             24            0       0
                   14   TRANSFER            24            0       0
CHAN3              15   SEIZE               28            0       0
                   16   ADVANCE             28            0       0
                   17   RELEASE             28            0       0
                   18   TRANSFER            28            0       0
CHAN4              19   SEIZE               24            0       0
                   20   ADVANCE             24            0       0
                   21   RELEASE             24            0       0
EX                 22   TERMINATE          100            0       0

FACILITY         ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 1                  24    0.589     12.080  1        0    0    0     0     0
 2                  24    0.442      9.079  1        0    0    0     0     0
 3                  28    0.410      7.211  1        0    0    0     0     0
 4                  24    0.645     13.228  1        0    0    0     0     0
```

Рисунок 7 - Стандартный отчет Model 3_5.gpr

Задания на исследования.

1. С использованием модели Model 3_1.gps определить, как влияет на среднее время обслуживания и на коэффициент полезного использования канала, изменение интервала поступления заявок в заданном диапазоне при постоянном, заданном, времени обработки заявок, на первой, второй и третьей сортировках.

Результаты исследований занести в Таблицы 1.1 и 1.2, сделать выводы.

Таблица 1.1 - Зависимость среднего времени обслуживания от интервала поступления заявок при постоянном времени обработки заявок

	Интервал поступления заявок							
	x-a	x-b	x-c	x-d	x+a	x+b	x+c	x+d
$T_{обсл.}$								

Таблица 1.2 - Зависимость коэффициента полезного использования канала от интервала поступления заявок при постоянном времени обработки заявок

	Интервал поступления заявок							
	x-a	x-b	x-c	x-d	x+a	x+b	x+c	x+d
КПИ канала								

2. С использованием модели Model 3_1.gps определить, как влияет на среднее время обслуживания и на коэффициент полезного использования канала, увеличение времени обработки заявок, на первой, второй и третьей сортировках при постоянном, заданном интервале поступления заявок (интервал поступления заявок взять любой из своего варианта).

Результаты исследований занести в Таблицы 2.1 и 2.2, сделать выводы.

Таблица 2.1 - Зависимость среднего времени обслуживания от интервала поступления заявок при постоянном времени обработки заявок

	Время обработки (1-я сортировка)							Время обработки (2-я сортировка)	Время обработки (3-я сортировка)
	(x+1)±y	(x+2)±y	(x+3)±y	(x+4)±y	(x+5)±y	(x+6)±y	(x+1)±y	x±y	x±y
$T_{обсл.}$									

	Время обработки (1-я сортировка)	Время обработки (2-я сортировка)							Время обработки (3-я сортировка)
	x±y	(x+1)±y	(x+2)±y	(x+3)±y	(x+4)±y	(x+5)±y	(x+6)±y	(x+1)±y	x±y
$T_{обсл.}$									

	Время Обработки (1-я сортировка)	Время Обработки (2-я сортировка)	Время обработки (3-я сортировка)						
	x±y	x±y	(x+1)±y	(x+2)±y	(x+3)±y	(x+4)±y	(x+5)±y	(x+6)±y	(x+1)±y
$T_{обсл.}$									

Таблица 2.2 - Зависимость среднего времени обслуживания от интервала поступления заявок при постоянном времени обработки заявок

	Время обработки (1-я сортировка)							Время обработки (2-я сортировка)	Время обработки (3-я сортировка)
	(x+1)±y	(x+2)±y	(x+3)±y	(x+4)±y	(x+5)±y	(x+6)±y	(x+1)±y	x±y	x±y
КПИ канала									

	Время обработки (1-я сортировка)	Время обработки (2-я сортировка)							Время обработки (3-я сортировка)
	x±y	(x+1)±y	(x+2)±y	(x+3)±y	(x+4)±y	(x+5)±y	(x+6)±y	(x+1)±y	x±y
КПИ канала									

	Время Обработки (1-я сортировка)	Время Обработки (2-я сортировка)	Время обработки (3-я сортировка)						
	x±y	x±y	(x+1)±y	(x+2)±y	(x+3)±y	(x+4)±y	(x+5)±y	(x+6)±y	(x+1)±y
КПИ канала									

Исходные данные для модели *Model 3_1.gps* по вариантам

Вариант №	Интервал поступления заявок x±(a, b, c, d)	Время обработки (1-я сортировка) x±y	Время обработки (2-я сортировка) x±y	Время обработки (3-я сортировка) x±y
1.	5±(1, 2, 3, 4)	6±3	6±3	6±3
2.	6±(2, 3, 4, 5)	7±3	7±3	7±3
3.	7±(3, 4, 5, 6)	8±3	8±3	8±3

4.	8±(4, 5, 6, 7)	9±3	9±3	9±3
5.	5±(1, 2, 3, 4)	7±3	7±3	7±3
6.	6±(2, 3, 4, 5)	8±3	8±3	8±3
7.	7±(3, 4, 5, 6)	9±3	9±3	9±3
8.	8±(4, 5, 6, 7)	6±3	6±3	6±3
9.	5±(1, 2, 3, 4)	8±3	8±3	8±3
10.	6±(2, 3, 4, 5)	9±3	9±3	9±3
11.	7±(3, 4, 5, 6)	6±3	6±3	6±3
12.	8±(4, 5, 6, 7)	7±3	7±3	7±3
13.	5±(1, 2, 3, 4)	9±3	9±3	9±3
14.	6±(2, 3, 4, 5)	6±3	6±3	6±3
15.	7±(3, 4, 5, 6)	7±3	7±3	7±3
16.	8±(4, 5, 6, 7)	8±3	8±3	8±3
17.	5±(1, 2, 3, 4)	6±3	6±3	6±3
18.	6±(2, 3, 4, 5)	7±3	7±3	7±3
19.	7±(3, 4, 5, 6)	8±3	8±3	8±3
20.	8±(4, 5, 6, 7)	9±3	9±3	9±3

Контрольные вопросы

1. Формат описания блока SPLIT.
2. Какие действия производит блок SPLIT?
3. Какие поля имеет блок SPLIT и для чего они предназначены?
4. Формат описания блока ASSEMBLE.
5. Какие действия производит блок ASSEMBLE?
6. Какие поля имеет блок ASSEMBLE и для чего они предназначены?
7. Формат описания блока TRANSFER.
8. Какие действия производит блок TRANSFER?
9. Какие поля имеет блок TRANSFER и для чего они предназначены?
10. Какие режимы работы имеет блок TRANSFER?
11. Формат описания оператора CLEAR.
12. На что указывает в файле стандартного отчета параметр ENTRY_COUNT?
13. На что указывает в файле стандартного отчета параметр CURRENT_COUNT?
14. На что указывает в файле стандартного отчета параметр RETRY?
15. На что указывает в файле стандартного отчета параметр INTER?
16. На что указывает в файле стандартного отчета параметр DELAY?
17. На что указывает в файле стандартного отчета параметр ENTRIES?
18. На что указывает в файле стандартного отчета параметр UTIL.?
19. На что указывает в файле стандартного отчета параметр AVE_TIME?
20. На что указывает в файле стандартного отчета параметр AVAIL.?
21. На что указывает в файле стандартного отчета параметр PEND?
22. На что указывает в файле стандартного отчета параметр OWNER?

Практическая работа №4

Тема: Программирование имитационных моделей систем (каналов) связи в среде GPSS с использованием блока TRANSFER и оператора CLEAR

Блок **TRANSFER** относится к блокам, которые изменяют маршруты транзактов. Он является основным средством моделирующего алгоритма, позволяющим направить сообщение к любому блоку модели.

Общий формат записи для блока **TRANSFER** имеет вид:

TRANSFER <A>,[<B>],[<C>],[<D>]

Операнд поля <**A**> может быть положительным целым числом, именем, дробным числом, СЧА, СЧА с параметром. Поля <**B**> и <**C**> задают возможные значения номеров (имен по метке) следующих блоков или их положение. В поле <**D**> в некоторых случаях указывается параметр перехода к следующему блоку.

Блок **TRANSFER** может использоваться в режиме безусловного перехода по метке к заданному блоку:

TRANSFER ,OUT3

Формат записи блока **TRANSFER** в режиме статистического выбора имеет вид:

TRANSFER .7,CHAN1,CHAN2

В поле <**A**> записано число 0.7. Это означает, что из общего числа транзактов, входящих в блок **TRANSFER**, в среднем 0.7 по вероятности будут пытаться войти в блок **CHAN2**. Остальные 0.3 от 100 также по вероятности будут пытаться войти в блок **CHAN1**. Передача транзактов в блоки происходит по меткам, которые записываются в поля <**B**> и <**C**> соответственно.

Блок **TRANSFER** имеет следующие режимы работы: безусловный (пробел); статистический (.); **BOTH**; **ALL**; **PICK**; функция (**FN**); параметр (**P**); подпрограмма (**SBR**); **SIM**.

Формат записи блока **TRANSFER** в режиме **BOTH** имеет вид:

TRANSFER BOTH, CHAN1, CHAN2

В поле <**A**> блока **TRANSFER** стоит зарезервированное слово **BOTH**. В этом случае каждый входящий в блок **TRANSFER** транзакт пытается перейти к блоку, указанному в поле <**B**> (переход к устройству с меткой **CHAN1**). Если это сделать не удается, транзакт пытается перейти к блоку, указанному в поле <**C**> (переход к устройству с меткой **CHAN2**). Если транзакт не может перейти ни к одному из блоков, он остается в блоке **TRANSFER** и будет повторять в том же порядке попытки перехода при каждом просмотре интерпретатором GPSS/PC списка текущих событий до тех пор, пока не сможет выйти из блока **TRANSFER**. Режим работы **BOTH** блока **TRANSFER** определяет предпочтительность выбора перехода сообщения к тому или иному объекту моделируемой системы.

Блок **TRANSFER** в режиме **ALL** автоматически анализирует систему и выбирает свободное место по обслуживанию входящих заявок. В этом режиме транзакт занимает первый блок из совокупности, заданной полями <**B**>, <**C**>, <**D**>.

Блок **TRANSFER** в режиме **ALL** имеет следующий формат записи:

TRANSFER ALL, CHAN1, CHAN4, 4

В поле <**A**> блока TRANSFER задается режим **ALL**. В поле <**B**> задается метка первого анализируемого устройства, а в поле <**C**> - метка последнего устройства. В поле <**D**> задается число, кратное количеству блоков между каждым из анализируемых устройств.

Если одно из устройств освобождается быстрее остальных, то это устройство окажется наиболее загруженным.

Формат записи блока TRANSFER в режиме **PICK** имеет следующий вид:

TRANSFER PICK,3,6

В поле <**A**> стоит зарезервированное слово **PICK.** В этом режиме блок **TRANSFER** случайным образом с равной вероятностью отправляет транзакт в один из блоков, которые составляют ряд от начального блока, указанного в поле <**B**>, до блока, указанного в поле <**C**>. Если блок поля <**B**> обозначить как N, а блок поля <**C**> как M, то вероятность отправления транзакта на один из блоков с номерами N, N+1, N+2, ..., M равна

$$\frac{1}{(M-N)+1}$$

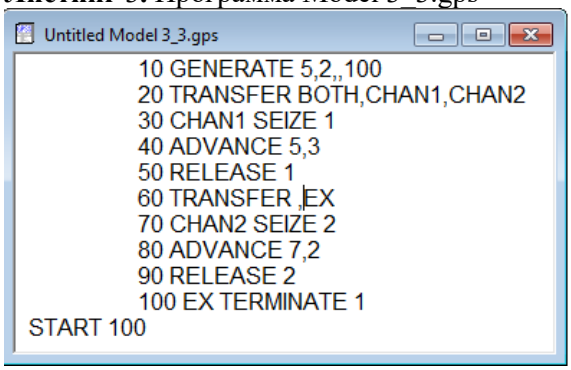
Некоторая ограниченность применения блока **TRANSFER** в режиме **PICK** может быть обусловлена необходимостью расположения принимающих блоков в строгой последовательности друг за другом. Но, с помощью блока **TRANSFER** в режиме безусловного перехода можно проводить распределение транзактов в любую точку модели (к любому блоку).

Пример. Блок TRANSFER в режиме BOTH.

В систему массового обслуживания (Q-схему) поступают заявки по равномерному закону через 5±2 мин. Обработка заявок осуществляется двумя обслуживающими каналами в 1-м за 5±3 мин, во 2-м за 7±2 мин. Причем предпочтительнее обработка в первом канале. Необходимо осуществить обработку 100 заявок

Программа решения задачи 3 приведена на листинге 3.

Листинг 3**.** Программа Model 3_3.gps

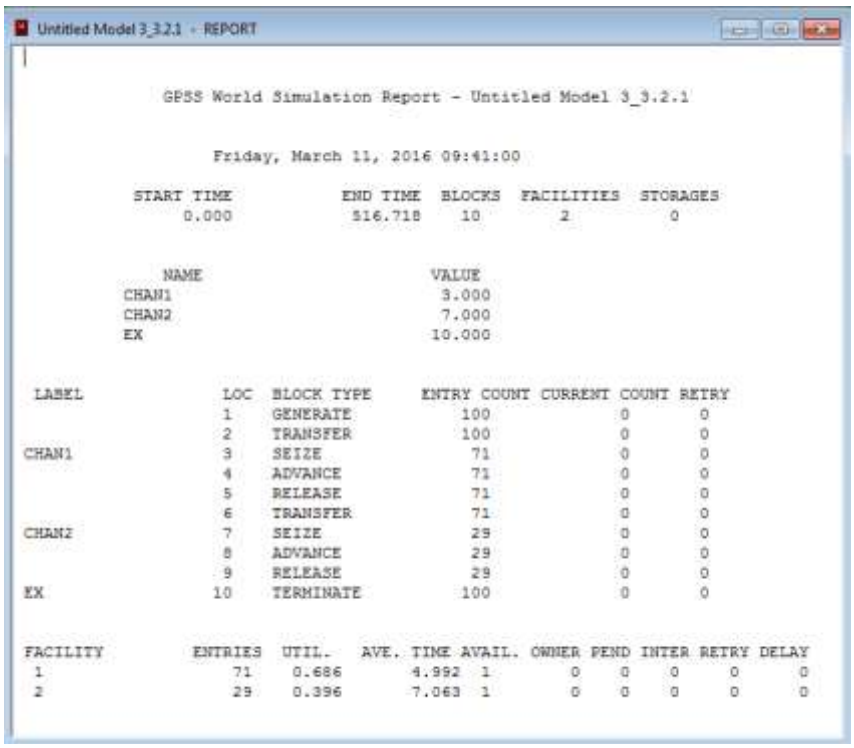


Формат записи блока **TRANSFER** в режиме **BOTH** имеет вид:

20 TRANSFER BOTH, CHAN1, CHAN2

В поле <**A**> блока **TRANSFER** стоит зарезервированное слово **BOTH**. В этом случае каждый входящий в блок **TRANSFER** транзакт пытается перейти к блоку, указанному в поле <**B**> (переход к устройству с меткой **CHAN1**). Если это сделать не удается, транзакт пытается перейти к блоку, указанному в поле <**C**> (переход к устройству с меткой **CHAN2**). Если транзакт не может перейти ни к одному из блоков, он остается в блоке **TRANSFER** и будет повторять в том же порядке попытки перехода при каждом просмотре интерпретатором GPSS/PC списка текущих событий до тех пор, пока не сможет выйти из блока **TRANSFER**. Режим работы **BOTH** блока **TRANSFER** определяет предпочтительность выбора перехода сообщения к тому или иному объекту моделируемой системы.

Результаты работы блока **TRANSFER** в режиме **BOTH** приведены в файле стандартного отчета (рис.1). Здесь отправка транзактов в устройство с меткой **CHAN1** имеет преимущество перед устройством с меткой **CHAN2.** Посылка транзактов во второе устройство происходит только в том случае, если 1-й канал занят. Количество проходящих через первое устройство транзактов может быть изменено при изменении времени обслуживания транзактов, т.е. при изменении временного интервала, который задается в блоке **ADVANCE.**



```
Untitled Model 3_3.2.1 - REPORT

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 3_3.2.1

Friday, March 11, 2016 09:41:00

START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
    0.000            516.718    10        2          0

     NAME                        VALUE
CHAN1                            3.000
CHAN2                            7.000
EX                              10.000

 LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                     1   GENERATE          100            0       0
                     2   TRANSFER          100            0       0
CHAN1                3   SEIZE              71            0       0
                     4   ADVANCE            71            0       0
                     5   RELEASE            71            0       0
                     6   TRANSFER           71            0       0
CHAN2                7   SEIZE              29            0       0
                     8   ADVANCE            29            0       0
                     9   RELEASE            29            0       0
EX                  10   TERMINATE         100            0       0

FACILITY         ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 1                    71   0.686      4.992  1       0    0    0     0     0
 2                    29   0.396      7.063  1       0    0    0     0     0
```

Рисунок 1 - Стандартный отчет Model 3_3.gpr

Задания на исследования.

В систему массового обслуживания детерминированно поступают заявки через Т мин. Обработка заявок осуществляется двумя обслуживающими каналами. Обслуживание заявок каждым каналом происходит детерминированно со временем $T_{обсл.\ CHAN\ 1}$ и $T_{обсл.\ CHAN\ 2}$, причем предпочтительнее обработка на первом устройстве (канале).

С использованием модели Model 3_3.gps провести исследование двухканальной СМО и определить, как влияет интервал времени между поступающими в СМО заявками на число заявок обслуживаемых первым и вторым устройствами (каналами), а также на коэффициент полезного использования каждого устройства (канала).

Результаты исследований занести в Таблицы 2.1 и 2.2, сделать выводы.

Таблица 2.1 – Зависимость числа обслуженных заявок (транзактов) каждым устройством (каналом) от интервала между поступающими заявками (транзактами) при постоянном времени обслуживания (пример для варианта 22)

Интервал поступления заявок Т (мин.)	$T_{обсл.\ CHAN\ 1} < T_{обсл.\ CHAN\ 2}$				$T_{обсл.\ CHAN\ 1} > T_{обсл.\ CHAN\ 2}$			
	Время обработки $T_{обсл.\ CHAN\ 1}$ (мин.)	Время обработки $T_{обсл.\ CHAN\ 2}$ (мин.)	Число транзактов обслуженных CHAN1	Число транзактов обслуженных CHAN2	Время обработки $T_{обсл.\ CHAN\ 1}$ (мин.)	Время обработки $T_{обсл.\ CHAN\ 2}$ (мин.)	Число транзактов обслуженных CHAN1	Число транзактов обслуженных CHAN2
3	3	4			4	3		
4	3	4			4	3		
5	3	4			4	3		
6	3	4			4	3		
7	3	4			4	3		
8	3	4			4	3		
9	3	4			4	3		
10	3	4			4	3		
11	3	4			4	3		
12	3	4			4	3		

Таблица 2.2 – Зависимость коэффициента полезного использования каждого устройства (канала) от интервала между поступающими заявками (транзактами) при постоянном времени обслуживания (пример для варианта 22)

Интервал поступления заявок T (мин.)	$T_{обсл.\ CHAN\ 1} < T_{обсл.\ CHAN\ 2}$				$T_{обсл.\ CHAN\ 1} > T_{обсл.\ CHAN\ 2}$			
	Время обработки $T_{обсл.\ CHAN\ 1}$ (мин.)	Время обработки $T_{обсл.\ CHAN\ 2}$ (мин.)	КПИ CHAN1	КПИ CHAN2	Время обработки $T_{обсл.\ CHAN\ 1}$ (мин.)	Время обработки $T_{обсл.\ CHAN\ 2}$ (мин.)	КПИ CHAN1	КПИ CHAN2
3	3	4			4	3		
4	3	4			4	3		
5	3	4			4	3		
6	3	4			4	3		
7	3	4			4	3		
8	3	4			4	3		
9	3	4			4	3		
10	3	4			4	3		
11	3	4			4	3		
12	3	4			4	3		

Исходные данные для модели *Model 3_3.gps* по вариантам

Вариант №	Интервал поступления заявок	$T_{обсл.\ CHAN\ 1} < T_{обсл.\ CHAN\ 2}$		$T_{обсл.\ CHAN\ 1} > T_{обсл.\ CHAN\ 2}$	
		Время обработки CHAN1	Время обработки CHAN2	Время обработки CHAN1	Время обработки CHAN2
1.	от 1 до 10	1	2	2	1
2.	от 1 до 10	1	3	3	1
3.	от 1 до 10	1	4	4	1
4.	от 1 до 10	1	5	5	1
5.	от 1 до 10	1	6	6	1
6.	от 1 до 10	1	7	7	1
7.	от 1 до 10	2	3	3	2
8.	от 1 до 10	2	4	4	2
9.	от 1 до 10	2	6	6	2
10.	от 1 до 10	3	2	2	3
11.	от 1 до 10	3	4	4	3
12.	от 3 до 12	1	2	2	1
13.	от 3 до 12	1	3	3	1
14.	от 3 до 12	1	4	4	1
15.	от 3 до 12	1	5	5	1
16.	от 3 до 12	1	6	6	1
17.	от 3 до 12	1	7	7	1
18.	от 3 до 12	2	3	3	2
19.	от 3 до 12	2	4	4	2
20.	от 3 до 12	2	6	6	2
21.	от 3 до 12	3	2	2	3
22.	от 3 до 12	3	4	4	3

Контрольные вопросы

1. Формат описания блока TRANSFER.
2. Какие действия производит блок TRANSFER?
3. Какие поля имеет блок TRANSFER и для чего они предназначены?
4. Какие режимы работы имеет блок TRANSFER?
5. Как работает блок TRANSFER в разных режимах?
6. На что указывает в файле стандартного отчета параметр ENTRY_COUNT?
7. На что указывает в файле стандартного отчета параметр CURRENT_COUNT?
8. На что указывает в файле стандартного отчета параметр RETRY?
9. На что указывает в файле стандартного отчета параметр INTER?
10. На что указывает в файле стандартного отчета параметр DELAY?
11. На что указывает в файле стандартного отчета параметр ENTRIES?

12. На что указывает в файле стандартного отчета параметр UTIL.?
13. На что указывает в файле стандартного отчета параметр AVE_TIME?
14. На что указывает в файле стандартного отчета параметр AVAIL.?
15. На что указывает в файле стандартного отчета параметр PEND?
16. На что указывает в файле стандартного отчета параметр OWNER?

Практическая работа №5

Тема: Программирование имитационных моделей систем (каналов) связи в среде GPSS с использованием блоков ASSIGN, LOOP и оператора EQU

Блок **ASSIGN** является основным средством для задания значений параметров транзактов. Параметры транзактов принимают значения из множества (свыше 1000) целых чисел. Каждый транзакт может иметь один или более параметров. Параметры транзактов применяются для их различия в потоке сообщений, проходящих через модель. Номера параметров используются для ссылок на значения, присвоенные параметрам. В общем случае интерпретация смысла параметра произвольна и обычно задается разработчиком модели. Блок **ASSIGN** заменяет, увеличивает или уменьшает текущее значение параметра сообщения (транзакта) на заданное значение.

Блок **LOOP** используется для организации циклов. В поле <**A**> блока задается параметр, который используется в качестве счетчика цикла. Как правило, блок **LOOP** применяется в паре с блоком **ASSIGN**.

Оператор **EQU** предназначен для присвоения числовых значений именам, используемым в модели. Назначение числовых значений может происходить при выполнении каких-либо выражений, задании стандартных числовых атрибутов и т.д. Результат вычисления выражения преобразуется к целому виду.

Задача 1. В систему поступает и обрабатывается фиксированное число заявок. Заявки поступают в систему по равномерному закону из интервала времени, равного от 3 до 7 мин. Обработка заявок осуществляется также по равномерному закону в интервале времени от 5 до 9 мин. Необходимо смоделировать работу системы при поступлении и обработке 100 заявок, при условии, что каждая заявка проходит пять циклов обработки в обслуживающем канале. Программа решения задачи 1 приведена на листинге 1.

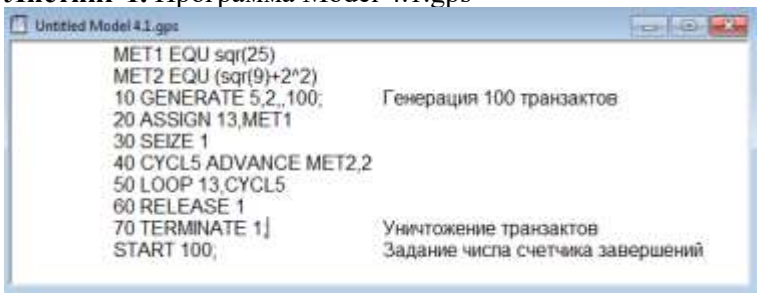
В данном примере организация пятикратного цикла обработки осуществляется блоками **ASSIGN** и **LOOP**. Обращение к заданным числовым значениям (5 и 7) осуществляется через метки **MET1**, **MET2** посредством оператора **EQU**. Формат записи блока **ASSIGN** имеет вид:

20 ASSIGN 13,MET1

В поле <**A**> задан параметр транзакта под номером 13 (произвольно). Этому параметру сопоставляется число 5, которое переопределяется через метку **MET1** поля <**B**>. Значение поля <**B**> присваивается параметру, номер которого задается в поле <**A**>. Заданное число 5 осуществляется оператором **EQU**. Формат записи оператора **EQU**:

MET1 EQU SQR(25)
MET2 EQU (SQR(9) + 2^2)

Листинг 1. Программа Model 4.1.gps



Метка **MET1 -** это имя в поле метки оператора. В поле <A> вычисляется выражение - $\sqrt{25} = 5$. Оператор **EQU** с меткой **MET2** вычисляет выражение $\sqrt{9} + 2^2 = 3 + 4 = 7$.

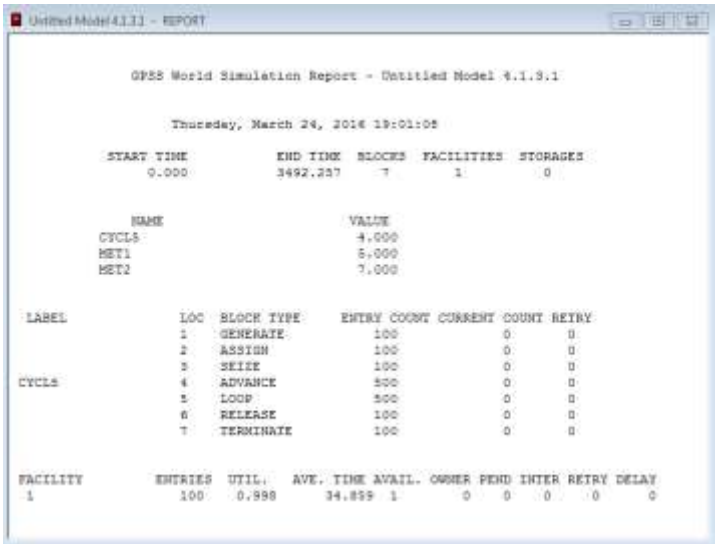
Формат записи блока **LOOP:**

50 LOOP 13, CYCL5

В поле <A> задан номер параметра (такой же, как и в поле <A> парного блока **ASSIGN),** определяющего число циклов. В поле <B> задан по метке блок, на который переходит транзакт, если параметр, на который сделана ссылка в поле <A>, не равен нулю. Прохождение транзактом одного цикла уменьшает значение поля <A> на единицу. Когда значение параметра в поле <A> становится равным нулю, то транзакт переходит к следующему по номеру блоку (в рассматривае-

мом случае к блоку **RELEASE** под номером 60). Начало цикла начинается с блока **ADVANCE** с меткой **CYCL5** под номером 40, окончание цикла - в блоке **LOOP** под номером 50. Если транзакт входит в блок **LOOP** со значением параметра, равным *n,* то этот транзакт войдет в блок **LOOP** *n* раз и вернется к началу этого цикла (*n*-1) раз.

Стандартный отчет моделирования по программе Model 4.1.gps представлен на рис. 1. Задачу повторного пятикратного обслуживания осуществляет блок **LOOP,** который отправляет транзакты на блок **ADVANCE.** Через блоки **LOOP** и **ADVANCE** проходит в 5 раз больше транзактов, чем через остальные блоки. Среднее время обслуживания в устройстве также в 5 раз больше (в позиции **AVE_TIME),** чем время обслуживания, которое задается в поле <A> блока временной задержки **ADVANCE.**



GPSS World Simulation Report - Untitled Model 4.1.9.1

Thursday, March 24, 2016 19:01:05

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	3492.257	7	1	0

NAME	VALUE
CYCL5	4.000
MET1	6.000
MET2	7.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	100	0	0
	2	ASSIGN	100	0	0
	3	SEIZE	100	0	0
CYCL5	4	ADVANCE	500	0	0
	5	LOOP	500	0	0
	6	RELEASE	100	0	0
	7	TERMINATE	100	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
1	100	0.998	34.859	1	0	0	0	0	0

Рисунок 1 - Стандартный отчет Model 4.1.gpr

Задания на исследования.

1. В систему поступают заявки по равномерному закону со временем $T_{пост.}\pm\Delta$ мин. Обработка заявок происходит в обслуживающем устройстве (канале), для которого время обслуживания составляет $T_{обсл.}\pm\Delta$ мин. Смоделировать работу системы по обработке заявок, при условии, что каждая заявка проходит *c* циклов обработки в обслуживающем устройстве (канале).

С использованием модели Model 4_1.gps провести исследование одноканальной системы и определить, как влияет число циклов обработки на:

1) коэффициент полезного использования обслуживающего устройства (канала);
2) среднее время обслуживания в устройстве (канале);
3) число потерянных заявок.

Изобразить блок-диаграмму моделируемой системы.

Моделирование провести для значений ***c*** от 1 до 5.

Результаты исследований занести в Таблицы 1, 2 и 3, сделать выводы по первому пункту исследований.

Таблица 1 – Зависимость коэффициента полезного использования обслуживающего устройства (канала) от числа циклов обработки.

	Количество циклов обработки				
	c_1=1	c_2=2	c_3=3	c_4=4	c_5=5
КПИ					

Таблица 2 – Зависимость среднего времени обслуживания от числа циклов обработки.

	Количество циклов обработки				
	c_1=1	c_2=2	c_3=3	c_4=4	c_5=5
$T_{обсл.}$ (AVE.TIME)					

Таблица 3 – Зависимость числа потерянных заявок от числа циклов обработки.

	Количество циклов обработки				
	c_1=1	c_2=2	c_3=3	c_4=4	c_5=5
Потерянные заявки					

Исходные данные для модели *Model 4_1.gps* по вариантам

Вариант №	Интервал поступления заявок $T_{пост.}\pm\Delta$, (мин.)	Время обработки $T_{обсл.}\pm\Delta$, (мин.)
21.	7±1	3±2
22.	8±1	4±2
23.	9±1	5±2
24.	8±2	4±1
25.	9±2	5±1
26.	10±2	6±1
27.	8±3	4±3
28.	9±3	5±3
29.	10±3	6±3
30.	9±4	5±4
31.	10±4	6±4
32.	11±4	7±4
33.	8±4	3±1
34.	9±5	6±5
35.	10±5	6±2
36.	7±6	3±1
37.	8±6	4±2
38.	9±6	5±1
39.	11±2	7±5
40.	12±1	8±5

2. Выберите любые значения исходных данных из первого пункта работы, при которых обслуживание происходит с потерями заявок. Изменяя время обслуживания в моделируемом канале (при фиксированных времени поступления заявок и числе циклов обработки) попытайтесь найти условия, при которых моделируемая СМО справится с поступающей нагрузкой без потерь (отказов обслуживания). Результаты исследований занесите в отчёт, сделайте выводы по второму пункту исследований.

Контрольные вопросы

1. Формат записи блока ASSIGN.
2. Какие действия производит блок ASSIGN?
3. Какие поля имеет блок ASSIGN, для чего эти поля предназначены?
4. Формат записи блока LOOP.
5. Какие действия производит блок LOOP?
6. Какие поля имеет блок LOOP, для чего эти поля предназначены?
7. Назначение оператора EQU.
8. Формат записи оператора EQU.
9. На что указывает в файле стандартного отчета параметр ENTRY_COUNT?
10. На что указывает в файле стандартного отчета параметр CURRENT_COUNT?
11. На что указывает в файле стандартного отчета параметр RETRY?
12. На что указывает в файле стандартного отчета параметр INTER?
13. На что указывает в файле стандартного отчета параметр DELAY?
14. На что указывает в файле стандартного отчета параметр ENTRIES?
15. На что указывает в файле стандартного отчета параметр UTIL.?
16. На что указывает в файле стандартного отчета параметр AVE_TIME?
17. На что указывает в файле стандартного отчета параметр AVAIL.?
18. На что указывает в файле стандартного отчета параметр PEND?
19. На что указывает в файле стандартного отчета параметр OWNER?

Практическая работа №6

Тема: Программирование имитационных моделей систем (каналов) связи в среде GPSS с использованием блоков PREEMPT, RETURN.

Блоки **PREEMPT** и **RETURN** относятся к аппаратной категории и к группе устройств. Эти блоки работают в паре. Блок **PREEMPT** - это блок захвата устройства. Он переводит устройство в прерванное состояние, а блок **RETURN** - блок возврата захваченного устройства.

Задача 1. На обработку по равномерному закону поступает два потока заготовок деталей: 1-й поток со временем 5±2 мин, а 2-й со временем 25±2 мин. Причем 2-й поток прерывает изготовление деталей 1-го потока. Время обработки деталей 1-го потока 7±2 мин, а 2-го - 11±2 мин. Смоделировать процесс обработки двух потоков деталей.

Рассмотрим особенности использования при моделировании такой системы *S* блоков PREEMPT и RETURN. Программа решения задачи 1 приведена на листинге 1.

Два блока GENERATE (под номерами 10 и 60) формируют два независимых потока транзактов. Блок PREEMPT позволяет получать в пользование устройство, указанное в поле <A> этого блока, т.е. устройство под именем FACIL1. Это соответствует тому состоянию системы, когда происходит прерывание обработки деталей 1-го потока в устройстве и начинается обработка деталей 2-го потока. Длительность обработки деталей 2-го потока задается блоком **ADVANCE** под номером 80. Стандартная статистика системы *GPSS/PC* определяется только для одного устройства **FACIL1.**

Листинг 1**.** Программа Model 4.2.gps

```
Untitled Model 4.2.gps
10 GENERATE 5,2;          Формирование 1-го потока деталей
20 SEIZE FACIL1;          Устройство под именем FACIL1
30 ADVANCE 7,2
40 RELEASE FACIL1
50 TERMINATE 1;           Вывод деталей 1-го потока
*****************************************************
60 GENERATE 25,2;         Формирование 2-го потока деталей
70 PREEMPT FACIL1;        Прерывание обработки 1-го потока
80 ADVANCE 11,2;          Время обработки 2-го потока
*****************************************************
90 RETURN FACIL1;         Снятие прерывания 1-го потока
100 TERMINATE 1;          Вывод деталей 2-го потока
*****************************************************
START 100;  Задание числа счетчика завершений (количество деталей)
```

Для блока **PREEMPT** могут быть задействованы пять полей. Поле операнда <A> является обязательным. В программе Model 4.2.gps формат записи блока **PREEMPT** имеет вид:

70 PREEMPT <A>

В поле <A> блока **PREEMPT** (под номером 70) задается имя устройства (по метке **FACIL1),** на котором происходит прерывание 1-го потока транзактов от блока **GENERATE** под номером 10. Длительность прерывания задается блоком **ADVANCE** под номером 80. В то же время устройство **FACIL1** во время прерывания 1-го потока деталей начинает обслуживать детали 2-го потока, который формируется блоком **GENERATE** под номером 60. Снятие прерывания осуществляется блоком **RETURN.**

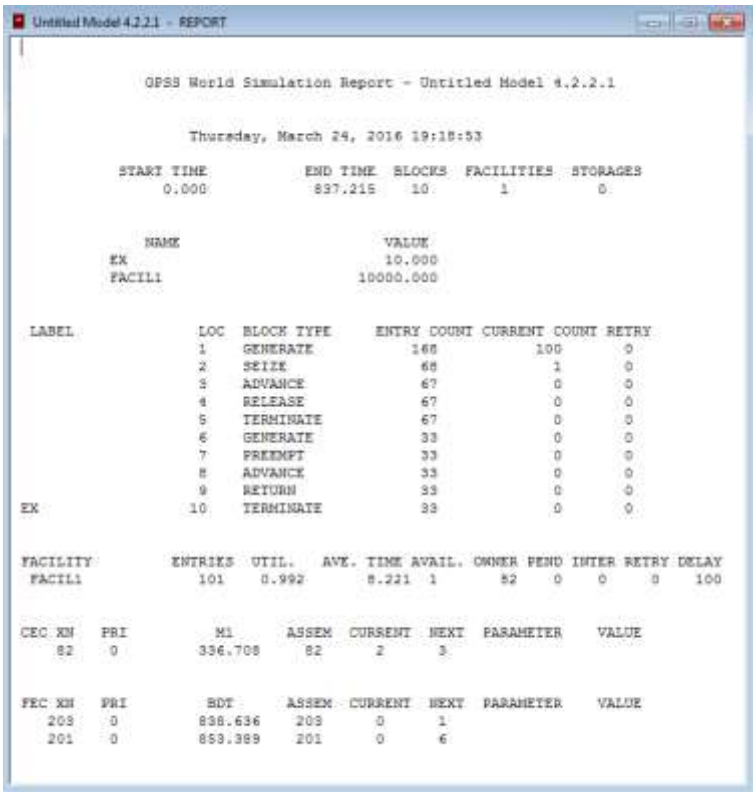
Формат записи блока **RETURN:**

90 RETURN <A>

В поле <A> блока **RETURN** задается имя устройства (по метке **FACIL1),** с которого снимается прерывание. Прерывание может быть снято только тем транзактом, которым оно было сгенерировано. Приведенный формат блока возврата **RETURN** является единственным. Имеются некоторые дополнительные возможности блока **PREEMPT.**

Рассмотрим файл стандартного отчета Model 4.2.gpr**.** В программе Model 4.2.gps есть два блока **TERMINATE,** которые осуществляют вывод транзактов из системы: один блок для вывода деталей 1-го потока, другой блок - для вывода деталей 2-го потока. Статистика устройства обслуживания **FACIL1** показывает, что через него проходили транзакты как 1-го, так и 2-го потоков. Число транзактов, которые не вошли в устройство обслуживания, равно 100 (поля **DELAY** и **CURRENT_COUNT).** Из 1-го потока количество обслуженных транзактов (деталей) составило 67,

а со 2-го потока - 33. В сумме получается 100 деталей, что и требовалось по условию примера. Стандартный отчет Model 4.2.gpr приведен на рис. 1.



```
Untitled Model 4.2.2.1 - REPORT

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 4.2.2.1

Thursday, March 24, 2016 19:18:53

START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
    0.000           837.215    10        1          0

    NAME                        VALUE
EX                               10.000
FACIL1                        10000.000

LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                    1   GENERATE           166          100       0
                    2   SEIZE               66            1       0
                    3   ADVANCE             67            0       0
                    4   RELEASE             67            0       0
                    5   TERMINATE           67            0       0
                    6   GENERATE            33            0       0
                    7   PREEMPT             33            0       0
                    8   ADVANCE             33            0       0
                    9   RETURN              33            0       0
EX                 10   TERMINATE           33            0       0

FACILITY         ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 FACIL1            101    0.992     8.221   1      82    0    0     0    100

CEC XN   PRI        M1      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
    82    0       336.708    82      2       3

FEC XN   PRI        BDT     ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
   203    0       838.636   203      0       1
   201    0       853.389   201      0       6
```

Рисунок 1 - Стандартный отчет Model 4.2.gpr

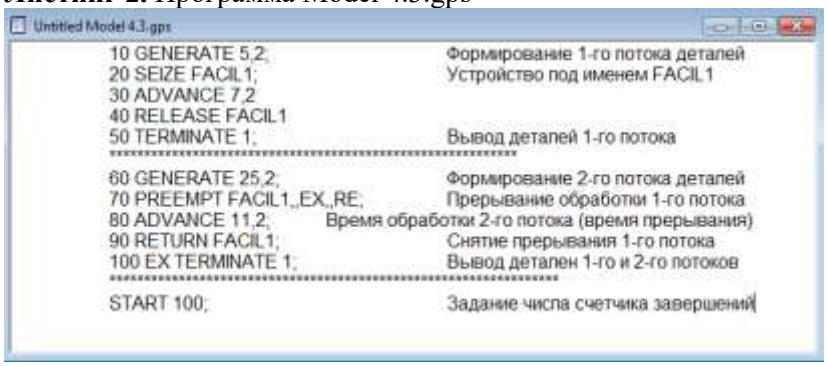
Задача 2. Пусть в условиях задачи 1 детали, обработка которых прервана на время обработки деталей из 2-го потока, выводятся из системы. В этом случае большая часть условий задачи остается неизменной: на обработку по равномерному закону поступает два потока заготовок деталей: 1-й поток со временем 10±1 мин, 2-й - 25±2 мин. Причем 2-й поток прерывает изготовление деталей 1-го потока. Время обработки деталей 1-го потока равно 7±3 мин, а 2-го - 15±1 мин. Смоделировать процесс обработки 100 деталей, разделенных на два потока. Данный пример решается по программе Model 4.2.gps с дополнительными полями блока **PREEMPT,** которые позволяют использовать блок **PREEMPT** в режиме удаления транзактов на повторный захват устройства и отправки их по метке к заданному блоку. Программа Model 4.3.gps приведена на листинге 2.

Формат записи блока PREEMPT для программы Model 4.3.gps:

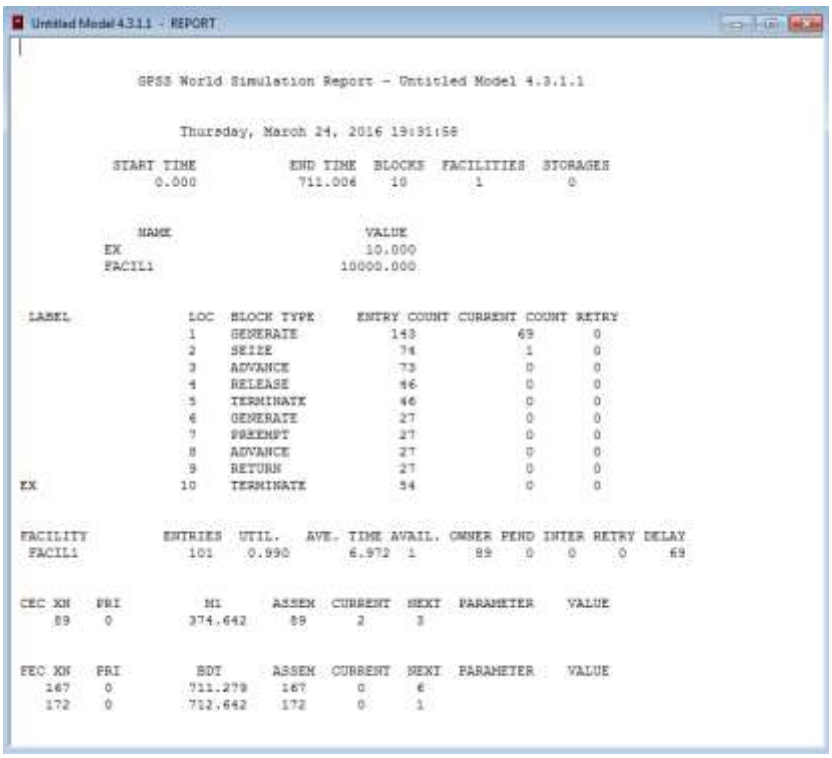
70 PREEMPT <A>,[<B>],<C>..,[<D>],<F>

В поле <A> задается метка прерываемого устройства **FACIL1**, поле <B> пусто, в поле <C> указывается метка (**EX**), куда направляются транзакты прерванного потока, поле <D> пусто, в поле <E> устанавливается режим удаления **RE**.

Листинг 2**.** Программа Model 4.3.gps



```
Untitled Model 4.3.gps

10 GENERATE 5,2;                    Формирование 1-го потока деталей
20 SEIZE FACIL1;                    Устройство под именем FACIL1
30 ADVANCE 7,2
40 RELEASE FACIL1
50 TERMINATE 1;                     Вывод деталей 1-го потока
*****************************************************
60 GENERATE 25,2;                   Формирование 2-го потока деталей
70 PREEMPT FACIL1,,EX,,RE;          Прерывание обработки 1-го потока
80 ADVANCE 11,2;        Время обработки 2-го потока (время прерывания)
90 RETURN FACIL1;                   Снятие прерывания 1-го потока
100 EX TERMINATE 1;                 Вывод деталей 1-го и 2-го потоков
*****************************************************
START 100;                          Задание числа счетчика завершений
```



Untitled Model 4.3.1.1 - REPORT

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 4.3.1.1

Thursday, March 24, 2016 19:31:58

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	711.006	10	1	0

NAME	VALUE
EX	10.000
FACIL1	10000.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	143	69	0
	2	SEIZE	74	1	0
	3	ADVANCE	73	0	0
	4	RELEASE	46	0	0
	5	TERMINATE	46	0	0
	6	GENERATE	27	0	0
	7	PREEMPT	27	0	0
	8	ADVANCE	27	0	0
	9	RETURN	27	0	0
EX	10	TERMINATE	54	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
FACIL1	101	0.990	6.972	1	89	0	0	0	69

CEC XN	PRI	M1	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
89	0	374.642	89	2	3		

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
167	0	711.279	167	0	6		
172	0	712.642	172	0	1		

Рисунок 2 - Стандартный отчет Model 4.3.gpr

Операнд поля <C> задает номер или имя (метку) блока, куда должен попытаться войти прерванный транзакт. Режим удаления **RE** поля <E> означает, что прерванный транзакт не будет претендовать на использование устройства, на котором произошло прерывание. Прерванный транзакт пытается войти в блок, заданный полем <C>. Поскольку в поле <C> задано имя блока уничтожения транзактов **TERMINATE**, то попытка войти в это блок всегда будет успешной. Через блок с меткой **EX** выводятся также и обработанные детали 2-го потока.

В поле <B> блока **PREEMPT** может быть задан приоритетный режим. При работе в этом режиме транзакт, занимающий устройство, может быть прерван только транзактом, приоритет которого выше приоритета данного транзакта. Поле <D> задает номер параметра, связанного с прерванным транзактом. Поле <D> следует задавать только в том случае, если приоритет прерывающего транзакта больше приоритета прерываемого транзакта.

В файле стандартного отчета для программы Model 4.3.gpr, представленной на рис. 3 приведены результаты моделирования системы, для которой предусмотрен вывод деталей на момент прерывания устройства по обслуживанию 1-го потока. Видно, что через блок **TERMINATE** по выводу деталей второго потока проходят также и детали первого потока. Если в блок **TERMINATE** под номером 100 входило и уничтожалось 33 транзакта при обычном режиме прерывания блока **PREEMPT**, то при наличии режима удаления (поля <F> и <C> блока **PREEMPT**) число входящих транзактов в блок **TERMINATE** под номером 100 увеличилось до 54. Число транзактов, которые были сгенерированы, но не вошли в устройство обслуживания под именем **FACIL1**, равно 69 (поля **DELAY** и **CURRENT_COUNT**). Это означает, что устройство было меньше занято, поскольку исключены повторные попытки занять устройство транзактами первого потока. Следует отметить также, что и общее время моделирования (поля **END_TIME**) изменилось: в режиме удаления транзактов время уменьшилось с 837 до 711 мин (в общем случае единиц времени).

Задания на исследования.

1. На обработку по равномерному закону поступает два потока заготовок деталей: 1-й поток со временем $T_{пост.1}\pm\Delta$ мин, а 2-й со временем $T_{пост.2}\pm\Delta$ мин. Причем 2-й поток прерывает изготовление деталей 1-го потока. Время обработки деталей 1-го потока $T_{обсл.1}\pm\Delta$ мин, а 2-го - $T_{обсл.2}\pm\Delta$ мин. Смоделировать процесс обработки двух потоков деталей..

С использованием модели Model 4_2.gps провести исследование одноканальной СМО и определить, как влияет время обработки деталей на число отказов обслуживания.

Изобразить блок-диаграмму моделируемой системы.

Результаты исследований занести в Таблицу 1, сделать выводы по результатам исследований.

Таблица 1 – Зависимость количества отказов обслуживания от времени обработки деталей.

	Время обработки		
	$T_{обсл.1}\pm\Delta < T_{обсл.2}\pm\Delta$	$T_{обсл.1}\pm\Delta > T_{обсл.2}\pm\Delta$	$T_{обсл.1}\pm\Delta = T_{обсл.2}\pm\Delta$
Число отказов			

Исходные данные для модели *Model 4_2.gps* по вариантам

Вариант №	Интервал поступления заявок 1-го потока $T_{пост.1}\pm\Delta$, (мин.)	Время обработки заявок 1-го потока $T_{обсл.1}\pm\Delta$, (мин.)	Интервал поступления заявок 2-го потока $T_{пост.2}\pm\Delta$, (мин.)	Время обработки заявок 2-го потока $T_{обсл.2}\pm\Delta$, (мин.)
41.	7±1	5±1	23±2	5±1
42.	8±1	6±1	24±2	6±1
43.	9±1	7±1	25±2	7±1
44.	8±2	6±2	24±1	6±2
45.	9±2	7±2	25±1	7±2
46.	10±2	8±2	26±1	8±2
47.	8±3	6±3	24±3	6±3
48.	9±3	7±3	25±3	7±3
49.	10±3	8±3	26±3	8±3
50.	9±4	7±4	25±4	7±4
51.	10±4	8±4	26±4	8±4
52.	11±4	9±4	27±4	9±4
53.	8±4	6±4	23±1	6±4
54.	9±5	7±5	26±5	7±5
55.	10±5	8±5	26±2	8±5
56.	7±6	5±6	23±1	5±6
57.	8±6	6±6	24±2	6±6
58.	9±6	7±6	25±1	7±6
59.	11±2	9±2	27±5	9±2
60.	12±1	10±1	28±5	10±1

2. Выберите любые значения исходных данных из первого пункта работы, при которых обслуживание происходит с потерями заявок. Изменяя время обслуживания в моделируемом канале (при фиксированных времени поступления заявок) попытайтесь найти условия, при которых моделируемая СМО справится с поступающей нагрузкой без потерь (отказов обслуживания). Результаты исследований занесите в отчёт, сделайте выводы по второму пункту исследований.

Контрольные вопросы

1. Формат записи блока PREEMPT.
2. Какие действия производит блок PREEMPT?
3. Какие поля имеет блок PREEMPT, для чего эти поля предназначены?
4. Формат записи блока RETURN.
5. Какие действия производит блок RETURN?
6. Какие поля имеет блок RETURN, для чего эти поля предназначены?
7. На что указывает в файле стандартного отчета параметр ENTRY_COUNT?
8. На что указывает в файле стандартного отчета параметр CURRENT_COUNT?
9. На что указывает в файле стандартного отчета параметр RETRY?
10. На что указывает в файле стандартного отчета параметр INTER?
11. На что указывает в файле стандартного отчета параметр DELAY?
12. На что указывает в файле стандартного отчета параметр ENTRIES?
13. На что указывает в файле стандартного отчета параметр UTIL.?

14. На что указывает в файле стандартного отчета параметр AVE_TIME?
15. На что указывает в файле стандартного отчета параметр AVAIL.?
16. На что указывает в файле стандартного отчета параметр PEND?
17. На что указывает в файле стандартного отчета параметр OWNER?

Практическая работа №7

Тема: Программирование имитационных моделей систем (каналов) связи в среде GPSS с использованием блоков ENTER, LEAVE, GATE, TEST

Для моделирования *Q-схем* с ограниченной очередью или с ограниченной емкостью накопителя в GPSS/PC используют блоки **ENTER**, **LEAVE** и оператор **STORAGE**. Эти блоки и оператор образуют группу памятей или группу описания накопителей.

Блок **GATE** проверяет состояние устройств, памятей, логических ключей. Блок **TEST** сравнивает два стандартных числовых атрибута по вычисляемому отношению. Оба блока управляют потоком сообщений (транзактов).

Задача 1. Поток заявок поступает в накопитель Q-схемы с допустимой емкостью, равной 3 единицам, равномерно каждые 5±1 мин. Если заявки после накопителя застают 1-й обслуживающий канал (устройство) занятым, то они поступают на обработку во 2-й канал. Время обработки 1-го канала равно 9±1 мин, 2-го - 13±1 мин. Смоделировать обработку Q-схемой 100 заявок.

Программа решения представлена под именем Model 5.1.gps на листинге 1. В данном примере поступающие в Q-схему заявки сначала буферируются в накопителе емкостью в 3 единицы, а потом пытаются попасть на обработку в 1-й канал обслуживания. Если 1-й канал оказывается занятым, т.е. в нем осуществляется обслуживание, то очередная заявка поступает на обслуживание во 2-й канал.

В программе Model 5.1.gps используются следующие форматы записи оператора **STORAGE,** блоков **ENTER, LEAVE** и **GATE.**

Формат записи оператора **STORAGE:**

<Метка> STORAGE <A>

например NAK3 STORAGE 3

Описание оператора находится вне основного тела программы, без нумерации. Метка NAK3 служит для обращения или ссылки на оператор. Операнд поля <A> определяет объем накопителя (это 3). Операнд поля <A> должен быть положительным целым. Когда транзакт пытается войти в блок **ENTER,** то запрос на емкость накопителя сравнивается с доступной емкостью. Если запрос может быть выполнен, то транзакт входит в блок **ENTER,** и текущая емкость накопителя уменьшается. Если запрос транзакта не может быть выполнен, то транзакт входит в список задержки многоканального устройства.

Формат записи блока ENTER:

ENTER <A>

В поле <A> указывается номер или имя накопителя (это NAK3). Когда транзакт входит в блок **ENTER**, то операнд поля <A> используется для нахождения накопителя с указанным именем (это накопитель с именем NAK3). Если такого накопителя не существует, то происходит ошибка выполнения программы.

Листинг 1. Программа Model 5.1.gps

```
Untitled Model 5_1.gps
NAK3 STORAGE 3;              Накопитель емкостью в 3 единицы
10  GENERATE 5,1
20  GATE SNF NAK3,FACIL2;    Анализ состояния накопителя
30  ENTER NAK3
40  SEIZE 1;                 1-й канал
50  LEAVE NAK3
60  ADVANCE 9,1
70  RELEASE 1
80  TRANSFER,EX
90  FACIL2 SEIZE 2;          2-й канал
200 ADVANCE 13,1
300 RELEASE 2
400 EX TERMINATE 1
START 100
```

Формат записи блока **LEAVE**:

LEAVE <A>,[<B>]

Блок **LEAVE** освобождает определенное число единиц накопителя под именем, заданным в поле <A> (это NAK3). Поле <A> также определяет номер или имя накопителя (это NAK3). Поле <B> определяет число освобождаемых единиц накопителя (по умолчанию равно 1). Число осво-

бождаемых единиц не должно превышать текущее содержимое накопителя. Обычно поле <B> не используется.

Формат записи блока **GATE**:

GATE <X><A>,<B>

Поле <A> содержит имя или номер объекта (в данном случае накопителя с меткой NAK3), для которого проводится проверка во вспомогательном поле операции <X>. Поле <B> содержит номер или имя следующего блока для входящего транзакта, когда логический оператор поля <X> имеет значение «ложь». В поле <X> программы Model 5.1.gps задан логический оператор **SNF**, связанный с накопителем и означающий, что накопитель, заданный в поле <A>, заполнен. Пока накопитель не будет заполнен, т.е. логический оператор **SNF** будет давать «ложь», транзакт будет отправлен в блок, заданный в поле <B> (в блок с меткой FACIL2).

В противоположность условию **SNF** в поле <X> может быть задан логический оператор **SF**, который означает, что накопитель не заполнен.

Выходная статистика по устройствам и блокам поменяются местами, если применить оператор **SF**. Анализ работы системы начнется со 2-го канала (устройства) и если он окажется занятым по обслуживанию текущего транзакта, то очередной транзакт будет отправлен на обработку в 1-й канал.

Задача 2. Поток заявок поступает в накопитель с допустимой емкостью, равной 3 единицам, по равномерному закону распределения в течение 5±1 мин. Если заявки после накопителя застают 2-й канал (устройство) занятым, то они поступают на обработку в 1-й канал. Время обработки 1-го канала равно 13±1 мин, 2-го - 9±1 мин. Смоделировать обработку Q-схемой 100 заявок.

Программа Model 5.2.gps представлена на листинге 2. Для полной идентичности результатов моделирования в программе Model 5.2.gps для 2-го канала время обслуживания принято таким, каким оно было в 1-м канале в программе Model 5.1.gps.

Листинг 2. Программа Model 5.2.

Untitled Model 5_2.gps

```
NAK3 STORAGE 3;              Накопитель емкостью в 3 единицы
10 GENERATE 5,1
20 GATE SF NAK3,FACIL2;      Анализ состояния накопителя
40 SEIZE 1;                  1-й канал
60 ADVANCE 13,1
70 RELEASE 1
80 TRANSFER,EX
90 FACIL2 ENTER NAK3
100 SEIZE 2;                 2-й канал
120 LEAVE NAK3
200 ADVANCE 9,1
300 RELEASE 2
400 EX TERMINATE 1
START 100
```

Рассмотрим пример использования блока **GATE** с логическим оператором, связанным с устройствами.

Задача 3. Входной поток заявок поступает в Q-схему с двумя обслуживающими каналами (устройствами) равномерно в течение 5±1 мин. Если 1-й канал занят, то заявки поступают на обработку во 2-й канал. Время обработки 1-го канала равно 9±1 мин, 2-го -13±1 мин. Смоделировать процесс обработки Q-схемой 100 заявок.

Листинг 3. Программа Model 5.3.gps

Untitled Model 5_3.gps

```
10   GENERATE 5,1
20   GATE NU 1,FACIL2
30   SEIZE 1;                1-й канал
40   ADVANCE 9,1
50   RELEASE 1
60   TRANSFER,EX
100 FACIL2 SEIZE 2;          2-й канал с меткой FACIL2
200 ADVANCE 13,1
300 RELEASE 2
400 EX TERMINATE 1
START 100
```

Подобная ситуация характерна для систем, когда каждая входящая в Q-схему заявка в первую очередь отправляется в более быстродействующий канал обслуживания. Программа для решения задачи 3 Model 5.3.gps приведена на листинге 3.

Рассмотрим для этой программы формат записи блока **GATE** с логическим оператором, связанным с устройством:

20 GATE NU 1, FACIL2

Логический оператор NU указывает на то, что устройство, заданное в поле <A> (это устройство под номером 1), свободно. Если логическое условие не выполняется, то транзакт отправляется к блоку, имя которого задано в поле <B> (по метке FACIL2). Транзакты, обслуженные в 1-м устройстве, с помощью блока **TRANSFER** отправляются на выход системы (уничтожаются блоком **TERMINATE**). Транзакты из 2-го устройства также попадают в блок **TERMINATE**. Общее число обслуженных транзактов должно быть 100.

Рассмотрим примеры моделирования с использованием блока **TEST.**

Задача 4. Смоделировать процесс обслуживания потока заявок с интервалом 5±1 мин двумя каналами: обслуживание в 1-м канале длится 9±1 мин, во 2-м - 13±1 мин. Причем в течение первых 100 мин обслуживание производит 1-й канал, а по истечении 100 мин - 2-й канал.

Задача 5. Смоделировать процесс обслуживания потока заявок с интервалом 5±1 мин. Причем в течение первых 100 мин обслуживание осуществляет 2-й канал, а по истечении 100 мин - 1-й канал.

Условия задач 4 и 5 различаются в последовательности начального обслуживания заявок, что связано с процессом функционирования конкретной системы *S*.

Листинг 4. Программа Model 5.4.gps

Untitled Model 5_4.gps

```
ATR1 VARIABLE SQR(10000)
10 GENERATE 5,1
20 TEST LE C1,V$ATR1,FACIL2
30 SEIZE 1;                1-й канал
40 ADVANCE 9,1
50 RELEASE 1
60 TRANSFER,EX
100 FACIL2 SEIZE 2;        2-й канал с меткой FACIL2
200 ADVANCE 13,1
300 RELEASE 2
400 EX TERMINATE 1
START 100
```

Листинг 5. Программа Model 5.5.gps

```
Untitled Model 5_5.gps
ATR1 VARIABLE SQR(10000)
10   GENERATE 5,1
20   TEST GE C1,V$ATR1,FACIL2
30   SEIZE 1;                1-й канал
40   ADVANCE 9,1
50   RELEASE 1
60   TRANSFER,EX
100 FACIL2 SEIZE 2;          2-й канал с меткой FACIL2
200 ADVANCE 13,1
300 RELEASE 2
400 EX TERMINATE 1
START 100
```

Программы решения Model 5.4.gps и Model 5.5.gps приведены на листингах 4 и 5 соответственно. В программах применены новые объекты GPSS - переменные арифметического типа. Оператор описания арифметической переменной не входит в основное тело программы. В него входят следующие три поля:

1) поле метки, содержащее имя переменной (в программах - ATR1), которое используется при обращении к этой переменной;

2) поле операции, содержит слово **VARIABLE**;

3) поле операндов, в котором задается выражение, используемое для вычисления значения переменной

Формат описания арифметической переменной для Model 5.4.gps имеет вид:

ATR1 VARIABLE SQR(10000)

Поле метки отделяется от поля операции **VARIABLE** как минимум одним пробелом. Поле операндов (задаваемое выражение) отделяется от поля операции также пробелом. Пробелы между символами недопустимы. Первый пробел записи считается концом выражения. При любом обращении к переменной в любом месте программы должен применяться формат **V$ATR1**. Символ V обозначает тип объекта GPSS - переменную. Знак **$** употребляется для связи объекта как переменной с конкретным обозначением (например, ATR1). Формат записи блока **TEST**:

TEST <X> <A>,<B>,<C>

Блок **TEST** определяет номер следующего блока для вошедшего в него транзакта в зависимости от того, выполняется требуемое условие или нет. Блок управляет потоком транзактов, проверяя выполнение алгебраических отношений между значениями, заданными в полях <A> и <B>. Во вспомогательном поле операции <X> записывается один из шести условных операторов:

LE - меньше или равно (отношение истинное, если значение аргумента поля <A> меньше или равно значению аргумента поля <B>);

GE - больше или равно (отношение истинное, если значение аргумента поля <A> больше или равно значению аргумента поля <B>);

E - равно (отношение истинное, если значения обоих аргументов полей <A> и <B> равны);

L - меньше (отношение истинное, если значение аргумента поля <A> меньше значения аргумента поля <B>);

NE - не равно (отношение истинное, если значения аргументов полей <A> и <B> не равны).

Если отношение аргументов истинно, транзакт переходит к следующему по номеру блоку. Если отношение ложно, транзакт переходит к блоку, имя которого задано полем <C> (в программах по метке **FACIL2).** В поле <C> задается номер или имя блока для входящего транзакта, если отношение величин, заданных в полях <A> и <B>, ложно.

В программах Model 5.4.gps и Model 5.5.gps в поле <A> задан стандартный числовой атрибут C1 - условное относительное время моделирования. В поле <B> задана переменная с именем **ATR1,** равная 100.

В программе Model 5.4.gps пока значение условного относительного времени не достигнет 100 единиц, транзакты от блока **TEST** будут переходить к следующему по номеру блоку (к блоку **SEIZE** под номером 30). Как только величина C1 станет больше 100, транзакты будут переходить к блоку с меткой **FACIL2** и с номером 100 - **SEIZE.** Пока C1≤100, транзакты отправляются в 1-е

устройство. Как только C1 станет больше 100, транзакты начинают отправляться на обслуживание во 2-е устройство.

В программе Model 5.5.gps транзакты после блока **TEST** будут направляться к следующему по номеру блоку (т.е. к блоку **SEIZE** под номером 30), когда значение C1 будет больше числа 100. Если же значение C1≤100, то транзакты отправляются по метке к блоку, заданной в поле <C>. Так как начало отсчета времени моделирования начинается с нуля, то вначале транзакты будут отправляться к блоку, заданному в поле <C>, т.е. к блоку **SEIZE** под номером 100. В поле <B> блока **TEST** может быть задана ячейка сохраняемых величин, которая определяется с помощью оператора **INITIAL.** Использование оператора **INITIAL** продемонстрировано в программе Model 5.6.gps, которая решает ту же задачу, что и программа Model 5.4.gps (листинг 6).

Формат записи оператора **INITIAL:**

INITIAL <A>,<B>

Оператор **INITIAL** записывается вне тела основной программы и может не нумероваться. Он позволяет задавать начальные значения ячеек, элементов матриц и логических переключателей.

В приводимой программе в поле <A> задается ячейка под номером 13 (X13)**,** в которую записывается число 100. В поле <B> задается определяемая величина. Операнд может быть целым числом или именем. В программе ссылка на ячейку под номером 13 производится как X13 (в поле <B> блока **TEST**).

Листинг 6. Программа Model 5.6.gps

Untitled Model 5_6.gps

```
INITIAL X13,100;            В ячейку с номером 13 записывается 100
10 GENERATE 5,1
20 TEST LE C1,X13,FACIL2;   Сравнение C1 и ячейки X13
30 SEIZE 1;                 1-й канал
40 ADVANCE 9,1
50 RELEASE 1
60 TRANSFER,EX
100 FACIL2 SEIZE 2;         2-й канал с меткой FACIL2
200 ADVANCE 13,1
300 RELEASE 2
400 EX TERMINATE 1
START 100
```

Рассмотрим файлы стандартного отчета для задач 1-5.

Результат моделирования по программе Model 5.1.gps с именем Model 5.1.gpr представлен на рис. 1. Информация о накопителе **NAK3** задается полем **STORAGE.** В поле названия находится **NAK3;** поле **CAP -** емкость накопителя (3); поле **REM** (REMAIN) **-** количество единиц свободной емкости в конце периода моделирования (остатки), т.е. 0 (так как в конце моделирования накопитель **NAK3** полностью заполнен); поле **MIN -** минимальное количество используемой емкости накопителя за период моделирования, т.е. 0; поле **MAX** - максимальное количество емкости накопителя за период моделирования, т.е. 3 (за период моделирования емкость накопителя **NAK3** всегда используется по максимуму); поле **ENTRIES -** количество входов в накопитель за период моделирования (количество входов в блок **ENTER);** поле **AVL -** состояние готовности накопителя в конце периода моделирования (1 означает, что накопитель готов, 0 - не готов); поле **AVE.C** - среднее значение занятой емкости накопителя за период моделирования, которое равно 2.614; поле **UTIL** определяет часть периода моделирования, в течение которого накопитель использовался, она равна 0.871; поле **RETRY** определяет количество транзактов, ожидающих специальных условий, зависящих от состояния накопителя (для примера нет каких-либо спецусловий, т.е. 0); поле **DELAY** определяет количество транзактов, ожидающих возможности входа в блок **ENTER**.

Емкость накопителя связана с количеством транзактов, проходящих через блок **ENTER** и 1-й канал: в блок **ENTER** входило 64 транзакта, из которых только 61 были обслужены 1-м каналом, остальные три транзакта остаются в накопителе. Всякий раз, когда емкость накопителя пол-

ностью используется, вновь входящие транзакты в блок анализа накопителя **GATE** в режиме **SNF** отправляются на обслуживание во 2-й канал. Режим **SNF** означает, что накопитель заполнен. При этом 2-м каналом обслужено 39 транзактов. В итоге 1-м и 2-м каналами обработано 100 транзактов, что и требовалось по условию данного примера.

В файле стандартного отчета Model 5.2.gpr (рис. 2) накопитель емкостью в 3 единицы связан со 2-м каналом посредством блоков **ENTER** и **LEAVE. В** этом случае анализ емкости накопителя **NAK3** блоком **GATE** осуществляется в режиме **SF** - накопитель не заполнен. Если накопитель не заполнен, то транзакты после блока **GATE** отправляются на обслуживание в 1-й канал, в противном случае - в блок **ENTER,** который связан с накопителем и 2-м каналом. В итоге 1 -й канал обслуживает 39 транзактов, а 2-й - 61 транзакт. В блок **ENTER** входит 64 транзакта, из которых только 61 обслуживаются во 2-м канале. Разница в три транзакта определяется емкостью накопителя **NAK3**, для которого было задано три единицы.

Untitled Model 5_1.11.1 - REPORT

```
              GPSS World Simulation Report - Untitled Model 5_1.11.1


                   Thursday, April 07, 2016 23:03:33

           START TIME           END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
                0.000            554.006    12        2          1


              NAME                        VALUE
          EX                             12.000
          FACIL2                          9.000
          NAK3                        10000.000


 LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                    1    GENERATE           110             0       0
                    2    GATE               110             6       0
                    3    ENTER               64             2       0
                    4    SEIZE               62             1       0
                    5    LEAVE               61             0       0
                    6    ADVANCE             61             0       0
                    7    RELEASE             61             0       0
                    8    TRANSFER            61             0       0
FACIL2              9    SEIZE               40             0       0
                   10    ADVANCE             40             1       0
                   11    RELEASE             39             0       0
EX                 12    TERMINATE          100             0       0


FACILITY         ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 1                   62    0.990       8.844  1      105    0    0     0      2
 2                   40    0.920      12.740  1       97    0    0     0      6


STORAGE            CAP. REM. MIN. MAX.  ENTRIES AVL.  AVE.C. UTIL. RETRY DELAY
 NAK3                3    0    0     3       64   1    2.614  0.871    0    0


CEC XN   PRI          M1      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
   105    0         528.598    105      4      5


FEC XN   PRI          BDT     ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
   111    0         558.247    111      0      1
    97    0         566.904     97     10     11
```

Рисунок 1 - Стандартный отчет Model 5.1.gpr

Untitled Model 5_2.9.1 - REPORT

```
              GPSS World Simulation Report - Untitled Model 5_2.9.1


                   Thursday, April 07, 2016 23:02:39

           START TIME           END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
                0.000            554.006    12        2          1


              NAME                          VALUE
          EX                               12.000
          FACIL2                            7.000
          NAK3                          10000.000


 LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                    1    GENERATE           110             0       0
                    2    GATE               110             6       0
                    3    SEIZE               40             0       0
                    4    ADVANCE             40             1       0
                    5    RELEASE             39             0       0
                    6    TRANSFER            39             0       0
FACIL2              7    ENTER               64             2       0
                    8    SEIZE               62             1       0
                    9    LEAVE               61             0       0
                   10    ADVANCE             61             0       0
                   11    RELEASE             61             0       0
EX                 12    TERMINATE          100             0       0


FACILITY         ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 1                   40    0.920      12.740  1       97    0    0     0      6
 2                   62    0.990       8.844  1      105    0    0     0      2


STORAGE            CAP. REM. MIN. MAX.  ENTRIES AVL.  AVE.C. UTIL. RETRY DELAY
 NAK3                3    0   0     3       64   1    2.614  0.871    0    0


CEC XN   PRI          M1      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
   105    0         528.598    105      8      9


FEC XN   PRI          BDT     ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
   111    0         558.247    111      0      1
    97    0         566.904     97      4      5
```

Рисунок 2 - Стандартный отчет Model 5.2.gpr

В программе Model 5.3.gps использован блок **GATE** в режиме проверки состояния устройства **NU** - устройство свободно. Результаты моделирования приведены в файле стандартного отчета Model 5.3.gpr на рис. 3.

Блок **GATE** в режиме **NU** проверяет состояние 1 -го канала (в поле <A> задан номер 1): если канал свободен, то транзакты поступают в него на обслуживание, если канал занят, то транзакты поступают в альтернативный блок, заданный полем <B> (метка 2-го канала **FACIL2).** Занятость 1-го канала объясняется тем, что время обслуживания транзактов больше времени генерирования. Поэтому пока одни транзакты обслуживаются в 1-м канале, другие отправляются на обслуживание во 2-й канал.

Другое изменение маршрута транзактов может осуществляться блоком **TEST**. В приводимых отчетах в операционном поле <X> осуществляется сравнение стандартного числового атрибута C1 (текущего значения условного времени моделирования) и положительного числа 100, которое предварительно определяется либо через переменную **ATR1,** либо с помощью ячейки памяти подномером13 ,в которую записывается

Untitled Model 5_3.2.1 - REPORT

```
              GPSS World Simulation Report - Untitled Model 5_3.2.1


                   Thursday, April 07, 2016 23:29:08

           START TIME           END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
                0.000            607.125    10        2          0


              NAME                          VALUE
          EX                                10.000
          FACIL2                             7.000


 LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                    1    GENERATE           121            0       0
                    2    GATE               121           20       0
                    3    SEIZE               55            0       0
                    4    ADVANCE             55            0       0
                    5    RELEASE             55            0       0
                    6    TRANSFER            55            0       0
FACIL2              7    SEIZE               46            0       0
                    8    ADVANCE             46            1       0
                    9    RELEASE             45            0       0
EX                 10    TERMINATE          100            0       0


FACILITY         ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 1                   55    0.832       9.188  1        0    0    0     0      0
 2                   46    0.981      12.954  1       85    0    0     0     20


FEC XN   PRI         BDT      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
   122    0         608.112    122      0      1
    85    0         608.328     85      8      9
```

Рисунок 3 - Стандартный отчет Model 5.3.gpr

В отчете для программы Model 5.4.gps приведены результаты моделирования при анализе величины C1 и числа 100 с помощью блока **TEST** в режиме операционного поля **LE** (меньше или равно). Величина 100 задается с помощью оператора арифметической переменной **VARIABLE,** в поле <A> которого вычисляется квадратный корень из 10 000. Ссылка в блоке анализе **TEST** на переменную осуществляется по метке **ATR1.** При этом пока условное время моделирования меньше или равно 100, транзакты отправляются в 1-е устройство на обслуживание. Как только это время превысит величину 100, транзакты начинают отправляться во 2-е устройство. Из файла стандартного отчета Model 5.4.gpr (рис. 4) видно, что все время моделирования составляет 1150 усл. ед. Поскольку сгенерированных транзактов оказалось 230, а обслуженных должно быть 100 **(START 100),** то «лишние» 129 остаются в блоке **TEST**. При этом 1-е устройство (канал) обслуживает 19 транзактов, а 2-е - 81 транзакт. В сумме для двух каналов получается 100 транзактов.

Untitled Model 5_4.5.1 - REPORT

```
              GPSS World Simulation Report - Untitled Model 5_4.5.1


                   Thursday, April 07, 2016 21:23:50

           START TIME           END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
                0.000           1150.791    10        2          0


              NAME                        VALUE
          ATR1                         10000.000
          EX                              10.000
          FACIL2                           7.000


 LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                    1    GENERATE           230            0       0
                    2    TEST               230          129       0
                    3    SEIZE               19            0       0
                    4    ADVANCE             19            0       0
                    5    RELEASE             19            0       0
                    6    TRANSFER            19            0       0
FACIL2              7    SEIZE               82            1       0
                    8    ADVANCE             81            0       0
                    9    RELEASE             81            0       0
EX                 10    TERMINATE          100            0       0


FACILITY         ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 1                   19    0.151       9.176  1        0    0    0     0      0
 2                   82    0.913      12.814  1      101    0    0     0    129


CEC XN   PRI          M1      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
   101    0         505.873    101      7      8


FEC XN   PRI         BDT      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
   231    0        1152.000    231      0      1
```

Рисунок 4 - Стандартный отчет Model 5.4.gpr

Отчет Model 5.5.gpr (рис. 5) показывает результаты моделирования для случая, когда блок **TEST** используется в режиме **GE** (больше или равно). В начальный период условие **GE** «ложно» и транзакты отправляются по метке **FACIL2.**

Файл стандартного отчета Model 5.6.gpr для программы Model 5.6.gps представлен на рис. 6. В программе использован оператор **INITIAL.** Результаты моделирования идентичны результатам моделирования с помощью программы Model 5.4.gps. Единственное отличие заключается в том, что в файле стандартного отчета приводится информация о сохраняемых величинах (ячейках), которые использованы в модели. В поле **SAVEVALUE** указывается номер ячейки (13), в которой хранится величина 100. Поле **VALUE** определяет значение хранимой величины в конце моделирования (значение равно + 100). Поле **RETRY** определяет количество транзактов (сообщений, заявок), ожидающих наступления специальных условий, зависящих от состояния сохраняемой величины.

Untitled Model 5_5.3.1 - REPORT

```
              GPSS World Simulation Report - Untitled Model 5_5.3.1


                   Thursday, April 07, 2016 21:18:01

           START TIME           END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
                0.000            831.559    10        2          0


              NAME                        VALUE
          ATR1                         10000.000
          EX                              10.000
          FACIL2                           7.000


 LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                    1    GENERATE           166             0       0
                    2    TEST               166            65       0
                    3    SEIZE               82             1       0
                    4    ADVANCE             81             0       0
                    5    RELEASE             81             0       0
                    6    TRANSFER            81             0       0
FACIL2              7    SEIZE               19             0       0
                    8    ADVANCE             19             0       0
                    9    RELEASE             19             0       0
EX                 10    TERMINATE          100             0       0


FACILITY         ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 1                   82    0.878       8.907  1      101    0    0     0     65
 2                   19    0.297      12.980  1        0    0    0     0      0


CEC XN   PRI          M1      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
   101    0         506.997    101      3      4


FEC XN   PRI          BDT     ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
   167    0         835.584    167      0      1
```

Рисунок 5 - Стандартный отчет Model 5.5.gpr

Untitled Model 4.1.1 - REPORT

```
              GPSS World Simulation Report - Untitled Model 4.1.1


                   Thursday, April 07, 2016 20:38:23

           START TIME           END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
                0.000           1150.791    10        2          0


              NAME                        VALUE
          EX                              10.000
          FACIL2                           7.000


 LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                    1    GENERATE           230             0       0
                    2    TEST               230           129       0
                    3    SEIZE               19             0       0
                    4    ADVANCE             19             0       0
                    5    RELEASE             19             0       0
                    6    TRANSFER            19             0       0
FACIL2              7    SEIZE               82             1       0
                    8    ADVANCE             81             0       0
                    9    RELEASE             81             0       0
EX                 10    TERMINATE          100             0       0


FACILITY         ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 1                   19    0.151       9.176  1        0    0     0     0      0
 2                   82    0.913      12.814  1      101    0     0     0    129


SAVEVALUE               RETRY       VALUE
 13                       0        100.000


CEC XN   PRI          M1      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
   101    0         505.873    101      7      8


FEC XN   PRI         BDT      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
   231    0        1152.000    231      0      1
```

Рисунок 6 - Стандартный отчет Model 5.6.gpr

Контрольные вопросы

1. Какой вид имеет формат записи блока ENTER?
2. Какие функции выполняет блок ENTER?
3. Какой вид имеет формат записи блока TEST?
4. Какие функции выполняет блок TEST?
5. В поле <A> блока ENTER указывается
6. Какой вид имеет формат записи блока LEAVE?
7. Какой вид имеет формат записи блока GATE?
8. Что указывается в поле <A> блока GATE?
9. Что указывается в поле <B> блока GATE?
10. Что определяет поле UTIL стандартного отчёта?
11. Что означает логический оператор SNF в поле <X> блока GATE?
12. Что означает логический оператор SF в поле <X> блока GATE?

Практическая работа №8

Тема: Разработка и исследование имитационных моделей многоканальной системы связи в среде GPSS.

Решение каждой задачи должно содержать:

1. Функциональную схему модели.
2. Блок диаграмму.
3. Программу на языке GPSS.

Задача 1. Построить модель варианта Q-схемы для заданных условий.

№ варианта	Интервал поступления заявок, мин.	Интервал обслуживания заявок, мин.	Количество поступивших заявок	№ варианта	Интервал поступления заявок, мин.	Интервал обслуживания заявок, мин.	Количество поступивших заявок
1	2-4	1-2	10	11	4-5	1-2	50
2	3-4	1-3	20	12	4-6	1-3	40
3	2-3	2-3	30	13	4-7	2-3	30
4	4-5	2-4	40	14	2-5	2-4	20
5	3-5	2-5	50	15	2-4	2-5	10
6	4-5	3-4	10	16	2-4	3-4	10
7	4-6	4-5	20	17	3-4	4-5	20
8	4-7	5-6	30	18	2-3	5-6	30
9	2-5	3-5	40	19	4-5	3-5	40
10	2-4	1-4	50	20	3-5	1-4	50

Задача 2. Обслуживание покупателей в универсальном магазине осуществляется несколькими кассовыми терминалами (обслуживает любой свободный терминал). Построить модель обслуживания.

№ варианта	Интервал поступления заявок	Интервал обслуживания заявок	Число терминалов	Число покупателей
1	4-5	1-2	3	10
2	4-6	1-3	4	20
3	4-7	2-3	5	30
4	2-5	2-4	5	40
5	2-4	2-5	4	50
6	2-4	3-4	3	10
7	3-4	4-5	3	20
8	2-3	5-6	4	30
9	4-5	3-5	5	40
10	3-5	1-4	3	50
11	2-4	1-2	5	50
12	3-4	1-3	3	40
13	2-3	2-3	4	30
14	4-5	2-4	3	20
15	3-5	2-5	5	10
16	4-5	3-4	4	50
17	4-6	4-5	5	40
18	4-7	5-6	5	30
19	2-5	3-5	4	20
20	2-4	1-4	3	10

Задача 3. На сборочный участок цеха поступают детали каждая из которых проходит несколько циклов обработки. Построить модель обработки деталей.

№ варианта	Интервал поступления	Интервал обработки	Число циклов	Число деталей	№ варианта	Интервал поступления	Интервал обработки	Число циклов	Число деталей

1	5-6	2-3	2	20	11	6-7	2-3	3	50
2	6-7	3-4	3	20	12	7-8	3-4	4	50
3	7-8	4-5	4	20	13	8-9	4-5	5	20
4	8-9	5-6	5	30	14	5-6	2-4	6	20
5	5-6	3-4	6	30	15	6-7	3-4	7	20
6	6-7	2-3	7	30	16	5-6	2-3	8	30
7	7-8	3-4	8	40	17	6-7	3-4	9	30
8	8-9	4-5	9	40	18	7-8	4-5	10	30
9	5-6	4-5	10	40	19	8-9	4-5	2	40
10	6-7	3-4	2	50	20	5-6	3-4	3	40

Задача 4. В системе передачи данных могут обрабатываться и передаваться два информационных потока. При поступлении сообщений второго потока обслуживание сообщений первого прерывается и продолжается только после окончания обслуживания сообщения второго потока. Построить модель обработки и передачи сообщений.

№ варианта	Интервал поступления сообщений первого потока	Интервал поступления сообщений второго потока	Интервал обслуживания сообщений первого потока	Интервал обслуживания сообщений второго потока	Количество сообщений в двух потоках
1.	9±1	29±1	8±1	19±3	100
2.	8±1	28±1	7±1	18±3	90
3.	7±1	27±1	6±1	17±3	80
4.	6±1	26±1	5±1	16±3	70
5.	9±2	29±2	8±2	19±2	70
6.	8±2	28±2	7±2	18±2	80
7.	7±2	27±2	6±2	17±2	90
8.	6±2	26±2	5±2	16±2	100
9.	9±3	27±3	8±3	17±1	100
10.	8±3	26±3	7±3	16±1	90
11.	7±3	29±1	6±3	19±3	80
12.	6±3	28±1	5±3	18±3	70
13.	9±1	27±1	7±1	17±3	70
14.	8±1	26±1	6±1	16±3	80
15.	7±1	29±2	5±1	19±1	90
16.	6±1	28±2	4±1	18±1	100
17.	9±2	27±2	6±2	17±1	100
18.	8±2	26±2	5±2	16±1	90
19.	7±2	26±2	4±2	16±1	80
20.	6±2	29±3	3±2	19±1	70

Задача 5. Со сборочного конвейера автомобильного завода периодически сходит готовый автомобиль, который перегоняется на склад готовой продукции. Откуда железнодорожным транспортом отправляется по регионам. Построить модель работы предприятия в установившемся режиме в течении заданного времени.

№ варианта	Интервал выпуска автомобилей, мин.	Время перегона на склад, мин.	Емкость склада	Интервал отправки ЖД платформ, час.	Модельное время, сутки
1.	9	9±1	100	6	3
2.	8	8±1	200	7	4
3.	7	7±1	300	8	5
4.	6	6±1	100	9	6
5.	9	9±2	200	10	7
6.	8	8±2	300	11	3
7.	7	7±2	100	12	4
8.	6	6±2	200	6	5
9.	9	7±3	300	7	6
10.	8	6±3	100	8	7
11.	7	9±1	200	9	3
12.	6	8±1	300	10	4
13.	9	7±1	100	11	5

№ варианта	Интервал выпуска автомобилей, мин.	Время перегона на склад, мин.	Емкость склада	Интервал отправки ЖД платформ, час.	Модельное время, сутки
14.	8	6±1	200	12	6
15.	7	9±2	300	6	7
16.	6	8±2	100	7	3
17.	9	7±2	200	8	4
18.	8	6±2	300	9	5
19.	7	6±2	100	10	6
20.	6	9±3	200	11	7

Контрольные вопросы

1. Что такое блок-диаграмма, для чего она нужна?
2. Какие системы являются формальными основными моделями, для имитации которых используется GPSS?
3. Какие возможности обеспечивает имитационное моделирование?
4. Что является первым шагом при анализе любой конкретной системы?
5. Что можно сопоставить транзактам?
6. Чем отличаются транзакты друг от друга?
7. Что является наиболее распространенным методом описания систем?
8. Какой порядок составления блок диаграммы?
9. Какие аспекты включает в себя модель системы?

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по организации самостоятельной работы студентов
по дисциплине
МОДЕЛИРОВАНИЕ КАНАЛОВ И СИСТЕМ СВЯЗИ

для студентов направления подготовки
11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи,
Направленность (профиль)
«Технологии построения программно-управляемых систем и компьютерных сетей»

Ставрополь, 2026

Содержание

Содержание 2
Введение 3
Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы 5
Вопросы для собеседования по самостоятельному изучению тем дисциплины 6
Список рекомендуемой литературы 7

Введение

Самостоятельная работа студентов (СРС) - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Целью СРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на практических и семинарских занятиях. Но для успешной учебной деятельности, ее интенсификации, необходимо учитывать следующие субъективные факторы:

1. Знание школьного программного материала, наличие прочной системы зияний, необходимой для усвоения основных вузовских курсов. Это особенно важно для математических дисциплин. Необходимо отличать пробелы в знаниях, затрудняющие усвоение нового материала, от малых способностей. Затратив силы на преодоление этих пробелов, студент обеспечит себе нормальную успеваемость и поверит в свои способности.

2. Наличие умений, навыков умственного труда:

а) умение конспектировать на лекции и при работе с книгой;

б) владение логическими операциями: сравнение, анализ, синтез, обобщение, определение понятий, правила систематизации и классификации.

3. Специфика познавательных психических процессов: внимание, память, речь, наблюдательность, интеллект и мышление. Слабое развитие каждого из них становится серьезным препятствием в учебе.

4. Хорошая работоспособность, которая обеспечивается нормальным физическим состоянием. Ведь серьезное учение - это большой многосторонний и разнообразный труд. Результат обучения оценивается не количеством сообщаемой информации, а качеством ее усвоения, умением ее использовать и развитием у себя способности к дальнейшему самостоятельному образованию.

5. Соответствие избранной деятельности, профессии индивидуальным способностям. Необходимо выработать у себя умение саморегулировать свое эмоциональное состояние и устранять обстоятельства, нарушающие деловой настрой, мешающие намеченной работе.

6. Овладение оптимальным стилем работы, обеспечивающим успех в деятельности. Чередование труда и пауз в работе, периоды отдыха, индивидуально обоснованная норма продолжительности сна, предпочтение вечерних или утренних занятий, стрессоустойчивость на экзаменах и особенности подготовки к ним,

7. Уровень требований к себе, определяемый сложившейся самооценкой.

Адекватная оценка знаний, достоинств, недостатков - важная составляющая самоорганизации человека, без нее невозможна успешная работа по управлению своим поведением, деятельностью.

Одна из основных особенностей обучения в высшей школе заключается в том, что постоянный внешний контроль заменяется самоконтролем, активная роль в обучении принадлежит уже не столько преподавателю, сколько студенту.

Зная основные методы научной организации умственного труда, можно при наименьших затратах времени, средств и трудовых усилий достичь наилучших результатов.

Время, которым располагает студент для выполнения учебного плана, складывается из двух составляющих: одна из них - это аудиторная работа в вузе по расписанию занятий, другая - внеаудиторная самостоятельная работа. Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 3 - 5 часов ежедневно. Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых же дней семестра, пропущенные дни будут потеряны безвозвратно, компенсировать их позднее усиленными занятиями без снижения качества работы и ее производительности невозможно. Первые дни семестра очень важны для того, чтобы включиться в работу, установить определенный порядок, равномерный ритм на весь семестр.

Ритм в работе - это ежедневные самостоятельные занятия, желательно в одни и те же часы, при целесообразном чередовании занятий с перерывами для отдыха. Вначале для того, чтобы организовать ритмичную работу, требуется сознательное напряжение воли. Как только человек втянулся в работу, принуждение снижается, возникает привычка, работа становится потребностью.

Если порядок в работе и ее ритм установлены правильно, то студент изо дня в день может работать, не снижая своей производительности и не перегружая себя. Правильная смена одного вида работы другим позволяет отдыхать, не прекращая работы.

Таким образом, первая задача организации внеаудиторной самостоятельной работы – это составление расписания, которое должно отражать время занятий, их характер (теоретический курс, практические занятия, графические работы, чтение), перерывы на обед, ужин, отдых, сон, проезд и т.д. Расписание не предопределяет содержания работы, ее содержание неизбежно будет изменяться в течение семестра. Порядок же следует закрепить на весь семестр и приложить все усилия, чтобы поддерживать его неизменным (кроме исправления ошибок в планировании, которые могут возникнуть из-за недооценки объема работы или переоценки своих сил).

При однообразной работе человек утомляется больше, чем при работе разного характера. Однако не всегда целесообразно заниматься многими учебными дисциплинами в один и тот же день, так как при каждом переходе нужно вновь сосредоточить внимание, что может привести к потере времени. Наиболее целесообразно ежедневно работать не более чем над двумя-тремя дисциплинами.

Начиная работу, не нужно стремиться делать вначале самую тяжелую ее часть, надо выбрать что-нибудь среднее по трудности, затем перейти к более трудной работе. И напоследок оставить легкую часть, требующую не столько больших интеллектуальных усилий, сколько определенных моторных действий (черчение, построение графиков и т.п.).

Самостоятельные занятия потребуют интенсивного умственного труда, который необходимо не только правильно организовать, но и стимулировать. При этом очень важно уметь поддерживать устойчивое внимание к изучаемому материалу. Выработка внимания требует значительных волевых усилий. Именно поэтому, если студент замечает, что он часто отвлекается во время самостоятельных занятий, ему надо заставить себя сосредоточиться. Подобную процедуру необходимо проделывать постоянно, так как это является тренировкой внимания. Устойчивое внимание появляется тогда, когда человек относится к делу с интересом.

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Очень существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия физиче-

ской культурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.

Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы

Система вузовского обучения подразумевает значительно большую самостоятельность студентов в планировании и организации своей деятельности. Вчерашнему школьнику сделать это бывает весьма непросто: если в школе ежедневный контроль со стороны учителя заставлял постоянно и систематически готовиться к занятиям, то в вузе вопрос об уровне знаний вплотную встает перед студентом только в период сессии. Такая ситуация оборачивается для некоторых соблазном весь семестр посвятить свободному времяпрепровождению («когда будет нужно – выучу!»), а когда приходит пора экзаменов, материала, подлежащего усвоению, оказывается так много, что никакая память не способна с ним справиться в оставшийся промежуток времени.

Работа с книгой

При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги. Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу. Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода). При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались. Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия. Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;
2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;
3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;
4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;
5. Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет

всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Методические рекомендации по составлению конспекта:

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;
2. Выделите главное, составьте план;
3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;
4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.
5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

Вопросы для собеседования по самостоятельному изучению тем дисциплины «Моделирование каналов и систем связи»

Базовый уровень

Тема 1.

1. Дайте определение модели.
2. Дайте определение моделирования.
3. Какая модель называется непрерывной?
4. Какая модель называется дискретной?
5. Приведите упрощённый алгоритм моделирования.

Тема 2.

1. На чём основываются математические модели?
2. Что включает в себя математическое описание объекта?
3. Что понимают под адекватностью математической модели?
4. Что понимают под точностью математической модели?
5. Что такое погрешность модели?
6. Для чего нужен контрольный вычислительный эксперимент?

Тема 3.

1. В чем состоит задача построения математической модели?
2. Перечислите проблемы построение математической модели.
3. Какие объекты называются подобными?
4. Сформулируйте П-теорему.
5. Какие вершины в графе называются смежными?
6. Какие вершины в графе называются изолированными?
7. Что называется в графе петлёй?
8. Что такое поток событий?
9. Какой поток является стационарным?
10. Какой поток является ординарным?
11. Какой поток является потоком без последействия?
12. Какой поток называется марковским?

13. Какой режим работы СМО называется стационарным?
14. Когда применяется метод Монте Карло?
15. Дайте определение полной группы событий.
16. Дайте определение несовместных событий.
17. Перечислите вычислительные методы алгебры.
18. Перечислите вычислительные методы решения дифференциальных уравнений.
19. Перечислите приемы упрощения математических моделей.
20. На чём основаны методы вычисления для задач, не имеющих аналитического представления решения?
21. В чём состоят основные качества метода вычисления с точки зрения потребителя?

Повышенный уровень

Тема 1.

1. Как классифицируются модели?
2. Как подразделяются модели по основаниям для преобразования свойств модели в свойства оригинала?
3. Чем определяется адекватность модели?
4. Чем определяется точность модели?
5. Как определить погрешность модели?

Тема 2.

1. Дайте определение математической модели.
2. Дайте определение имитационной модели.
3. Дайте определение вычислительного эксперимента.

Тема 3.

1. В чём заключается метод ранжирования?
2. В чём заключается метод агрегирования?
3. В чём заключается метод последовательных приближений?
4. В чём заключается метод проб и ошибок?
5. В чём заключается метод перебора?
6. Дайте определение полу степени исхода вершины.
7. Задача о Кенигсбергских мостах.
8. Задача о коммивояжере.
9. Задача о раскраске политической карты.
10. Как определить интенсивность потока?
11. Как определить вероятность наступления события в потоке?
12. Как составляются уравнения Эрланга?
13. Приведите примеры частных случаев СМО.
14. В чём заключается метод Монте Карло?
15. Поясните суть метода деления отрезка пополам.
16. Поясните суть метода секущих.
17. Поясните суть метода золотого сечения.
18. Поясните суть метода касательных (Ньютона).
19. Раскройте основные способы упрощения моделей.
20. Раскройте основные способы упрощения уравнений.
21. Раскройте способ линеаризации.
22. Раскройте метод малого параметра (метод возмущений).

Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Советов, Б. Я. Моделирование систем : учебник для вузов / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев ; СПбГЭТУ. - 7-е изд. - М. : Юрайт, 2023. - 343 с. : ил., табл., схем. - Гриф: Рек. МО. - Библиогр.: с. 340-341. - ISBN 978-5-9916-2698-9.

2. Зариковская, Н.В. Математическое моделирование систем Электронный ресурс : учебное пособие / Н.В. Зариковская. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2024. - 168 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

Дополнительная литература:

1. Учебно-методическое пособие по курсу Компьютерное моделирование обработки сигналов в информационных системах Электронный ресурс / сост.: В. Б. Крейнделин, А. Э. Смирнов / Т. Б. К. Режеб. - Учебно-методическое пособие по курсу Компьютерное моделирование обработки сигналов в информационных системах,2022-04-04. - Москва : Московский технический университет связи и информатики, 2026. - 44 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 2227-8397.