

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

Кафедра автоматизации обработки информации

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой АОИ

\_\_\_\_\_ Ю.П. Ехлаков

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**  
**Методические указания к лабораторным работам**  
**для студентов направления 080500.62**  
**«Бизнес информатика»**

Разработчик:

к.т.н., доцент каф. АОИ

\_\_\_\_\_ Н.Ю. Салмина

**2014**

## 1. ВВЕДЕНИЕ

*Цель дисциплины* – ознакомление студентов с основными этапами построения моделей на ЭВМ, вопросами статистического моделирования; формирование у студентов профессиональных знаний и практических навыков по разработке и созданию имитационных моделей с помощью языков моделирования с целью исследования сложных систем.

*Связь дисциплины* с другими учебными дисциплинами. Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: "Теория вероятностей и математическая статистика", "Информатика", "Программирование".

*Изучение дисциплины* рассчитано на один семестр и включает в себя: теоретический раздел (изучение теоретического материала); практический раздел (выполнение лабораторных и контрольных работ); итоговый контроль результата изучения дисциплины. Данное пособие содержит в себе методические указания и варианты заданий для лабораторных работ. В качестве итогового контроля изучения дисциплины является зачет.

Для допуска к получению зачета необходимо выполнить все лабораторные работы. Студент может получить зачет автоматом в случае, если он набирает необходимое количество баллов по рейтингу. В случае, если студент не набирает необходимое количество баллов по рейтингу, зачет сдается при наличии допуска.

Подробное положение о рейтинге находится в рабочей программе дисциплины, а также расположено на кафедральном учебном сервере.

## **2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.**

### ***Цель работы.***

Целью данной работы является изучение методов моделирования стохастических процессов и систем, а также получение навыков анализа результатов моделирования.

### ***Методические указания.***

Сущность метода статистического моделирования сводится к построению для процесса функционирования исследуемой системы некоторого моделирующего алгоритма с использованием метода Монте-Карло. Данный алгоритм имитирует поведение и взаимодействие элементов системы с учетом случайных входных воздействий и воздействий внешней среды.

В каждом варианте задания описана работа некоторой стохастической системы, а также указаны те характеристики системы, оценку которых необходимо получить в процессе моделирования.

Для моделирования непрерывных случайных величин с заданными законами распределения можете использовать любой из рассмотренных ранее методов (практическое занятие 1). Для моделирования наступления случайных событий пользуйтесь методами, предлагаемыми в статистическом моделировании [1].

Помните, что, если время между наступлением событий распределено экспоненциально, то количество событий, наступающих в единицу времени, подчиняется Пуассоновскому закону распределения. Какой закон использовать в вашем случае, зависит от построения алгоритма.

Для программной реализации можно использовать любой алгоритмический язык. Из встроенных датчиков случайных чисел пользоваться можно только датчиками равномерно распределенных случайных чисел на интервале от 0 до 1.

### ***Задание на моделирование.***

- 1) Построить моделирующий алгоритм для оценки требуемых параметров исследуемой системы;
- 2) Разработать программу и провести моделирование работы системы с определением требуемых параметров;
- 3) Программа должна иметь возможность устанавливать и изменять количество повторных реализаций моделируемого процесса, так как от этого зависит точность получаемых оценок искомых характеристик.

### ***Варианты заданий.***

#### Вариант 1.

Техническое устройство состоит из двух узлов:  $Y_1$  и  $Y_2$ . Исправная работа узла  $Y_1$  безусловно необходима для работы устройства; узел  $Y_2$  предназначен для поддержания нормального режима работы  $Y_1$ . Время безотказной работы узлов распределено по экспоненциальному закону и равно в среднем 40 и 60 минут соответственно. Имеется 2 запасных узла  $Y_1$ . При выходе из строя  $Y_1$  техническое устройство останавливается на  $3 \pm 1$  минуты, после чего  $Y_1$  заменяется и работа устройства возобновляется. Если вышел из строя  $Y_2$ , то закон распределения  $Y_1$  меняется: оно работает в среднем 20 минут. Время работы устройств распределено по экспоненциальному закону.

Определить вероятность того, что по истечении двух часов устройство будет находиться в рабочем состоянии.

#### Вариант 2.

Логика работы устройства обнаружения цели заключается в следующем: если сигнал превышает порог при двух последовательных локациях – цель обнаружена; в противном случае – цель потеряна. Состояния системы:  $S_0$  – исходное, в это состояние из  $S_1$  и  $S_0$  система переходит с вероятностью 0.4;  $S_1$  – состояние, соответствующее однократному превышению порога, в это состояние из  $S_0$  и из этого состояния в очередное  $S_2$  система пе-

переходит с вероятностью 0.6;  $S_2$  – состояние, соответствующее двукратному превышению порога, из данного состояния система может переходить в  $S_1$  с вероятностью 0.6 и в  $S_3$  с вероятностью 0.4;  $S_3$  – состояние, соответствующее однократному не превышению порога после обнаружения цели. Если после очередной локации сигнал превышает порог, система возвращается из  $S_3$  в  $S_2$  с вероятностью 0.6, в противном случае – в  $S_0$  с вероятностью 0.4. Определить оценку вероятности обнаружения цели за один час, если интервал смены состояний равен 10 минут.

### Вариант 3.

При передаче информации системой передачи данных, вследствие действия помех в канале связи, в блоке информации могут возникнуть одиночные, двойные и тройные ошибки, причем при обнаружении двойных и тройных ошибок требуется повторить передачу блока информации. При обнаружении одиночной ошибки на приемном конце в среднем в течение одной секунды производится ее коррекция. Время передачи блока информации равно в среднем 5 секунд. Время коррекции и передачи информации подчинено экспоненциальному закону распределения.

Оценить для 1000 передаваемых блоков информации затраты времени на коррекцию ошибок и повторную передачу информации, если известно, что вероятности возникновения ошибок равны, соответственно,  $P(0) = 0.95$ ;  $P(1) = 0.025$ ;  $P(2) = 0.015$ ;  $P(3) = 0.01$ .

### Вариант 4.

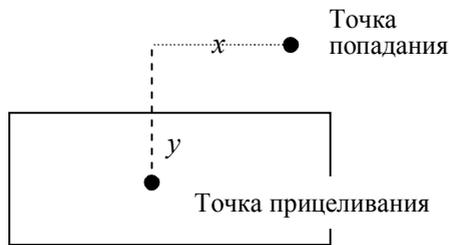
Рассматривается процесс обработки детали на токарном станке. Вероятность появления брака при обработке равна 0.1. В начале работы проверке подвергается каждая третья деталь. Если число бракованных деталей достигает 20, то в дальнейшем проверке подвергается каждая деталь, обработанная на станке. Если в этом случае число бракованных деталей достигнет 10, то работу на станке прекращают. Поток поступления деталей на обра-

ботку подчинен закону Пуассона с интенсивностью 2 детали в минуту.

Определить среднее время наработки станка до остановки.

Вариант 5.

Промоделировать поведение истребителя-бомбардировщика, посланного атаковать промышленное предприятие ракетами. Размеры предприятия  $60 \times 150$  м. Точка прицеливания – геометрический центр цели. Точка попадания определяется по отклонениям  $x$  и  $y$ :



Для расстояния, с которого запускаются ракеты, оба отклонения независимы, нормально распределены относительно точки прицеливания с  $m = 0$ ,  $\sigma_x = 60$  м,  $\sigma_y = 30$  м. Бомбардировщик при каждом заходе выпускает 6 ракет.

Оценить среднее число попаданий при каждой атаке.

Вариант 6.

На складе, обслуживающем три сборочных цеха, нормативный запас комплектующих деталей составляет 10 тысяч комплектов. В начале работы со склада в каждый из цехов одновременно поступает по 100 комплектов деталей. Время использования каждым цехом одного комплекта является случайной величиной с экспоненциальным законом распределения с параметром 20 комплектов в сутки. После израсходования цехом комплектующих деталей на склад поступает заявка на новую партию деталей, которая удовлетворяется по мере возможности.

Оценить интервал времени, на который может хватить нормативного запаса деталей на складе, если известно, что страховой запас деталей на складе равен 200 комплектам.

### Вариант 7.

Система может находиться в состояниях  $S_1, S_2, S_3$ . Переход из одного состояния в другое происходит по схеме однородной цепи Маркова. Матрица вероятностей переходов имеет вид:

$$P = \begin{array}{|c|c|c|} \hline & 0.5 & 0.3 & 0.2 \\ \hline 0.5 & 0 & 0.5 & \\ \hline 0.3 & 0.25 & 0.45 & \\ \hline \end{array}$$

Время между переходами системы из одного состояния в другое в среднем равно 2 секунды и распределено по экспоненциальному закону.

Оценить вероятность нахождения системы в каждом из состояний через 10 минут после начала работы, если первоначально система находится в состоянии  $S_1$ .

### Вариант 8.

Рассматривается процесс обслуживания на бензозаправочной станции, состоящей из одной бензоколонки. Моменты появления автомобилей на станции образуют случайный поток заявок, интервалы между которыми имеют плотность распределения  $f(t) = 4 \cdot \exp(-4 \cdot t)$ .

Время обслуживания каждой машины имеет экспоненциальный закон распределения с параметром 3 автомобиля в час. Рассматривается работа станции в течение 30 суток.

Оценить число обслуженных и отказанных автомобилей, если автомашина, заставшая бензоколонку занятой, немедленно покидает ее.

### Вариант 9.

Система передачи данных работает в режиме, называемом нормальным, до появления сбоев в трех сообщениях подряд. В этом случае система переходит в режим аварии, в котором остается до тех пор, пока очередное сообщение не будет принято правильно. После этого система возвращается в нормальный режим. Вероятность сбоя в очередном сообщении равна 0.1, веро-

ятность безошибочного приема – 0.9. За состояния системы принять:  $S_0$  – нет сбоев;  $S_1$  – сбой в одном сообщении;  $S_2$  – сбои в двух сообщениях подряд и т.д. Оценить вероятность нахождения системы в следующих состояниях: нормальном, аварийном,  $S_0$ ,  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ .

Время работы системы – 10 часов; время передачи информации распределено равномерно на интервале от 3 до 7 минут; количество реализаций – 100.

Вариант 10.

Пьяница вышел на улицу подышать свежим воздухом и прогуляться. На каждом перекрестке он может с равной вероятностью пойти на Юг, Север, Восток или Запад. Оценить вероятность того, что, пройдя десять кварталов, он окажется не дальше двух кварталов от своего дома.

Вариант 11.

При передаче информации системой передачи данных, вследствие действия помех в канале связи, в блоке информации могут возникнуть одиночные, двойные и более ошибки. Для передачи информации из пункта А в пункт В используется промежуточный пункт Х. при обнаружении двух и более ошибок в пунктах Х или В требуется повторить передачу блока информации из предыдущего пункта. При обнаружении одиночной ошибки на приемном конце в среднем в течение одной секунды производится ее коррекция. Время передачи блока информации распределено равномерно и равно в среднем  $5 \pm 2$  секунды из пункта А в пункт Х и  $6 \pm 2$  секунды из пункта Х в пункт В. Время коррекции информации подчинено экспоненциальному закону распределения.

Оценить для 1000 передаваемых блоков информации затраты времени на передачу информации, если известно, что вероятности возникновения ошибок равны, соответственно,  $P(0) = 0.95$ ;  $P(1) = 0.03$ ;  $P(2 \text{ и более}) = 0.02$ .

Вариант 12.

Техническое устройство состоит из двух узлов:  $Y_1$  и  $Y_2$ . Исправная работа узла  $Y_1$  безусловно необходима для работы устройства; узел  $Y_2$  предназначен для поддержания нормального режима работы  $Y_1$ . Время безотказной работы узлов распределено по экспоненциальному закону и равно в среднем 30 и 60 минут соответственно. Имеется 3 запасных узла  $Y_1$ . При выходе из строя  $Y_1$  техническое устройство останавливается на  $3 \pm 1$  минуты, после чего  $Y_1$  заменяется и работа устройства возобновляется. Если вышел из строя  $Y_2$ , то закон распределения  $Y_1$  меняется: оно работает в среднем 15 минут. Время работы устройств распределено по экспоненциальному закону.

Оценить среднее время, которое устройство будет проводить в работающем состоянии.

#### Вариант 13.

Процесс производства одной из деталей состоит в следующем: заготовки из печи, где они нагреваются до определенной температуры, транспортируются к месту обработки. Время транспортировки - случайная величина, имеющая экспоненциальный закон распределения со средним значением 5 минут. Время обработки – случайная величина с равномерным законом распределения на интервале от 2 до 6 минут. Если суммарное время транспортировки и обработки превышает 14 минут, то деталь бракуется.

Определить среднее число годных и бракованных деталей за смену (8 часов).

#### Вариант 14.

В цех в случайные моменты времени, отделяемые друг от друга интервалами  $t$ , имеющими распределение  $f(t) = a \cdot \exp(-a \cdot t)$  с параметром  $a = 3$  партии в час, поступают очередные партии комплектующих изделий. Конкретный размер партии деталей определяется, исходя из того, что поставки ведутся партиями, содержащими обычно 1000, 1200 и 1400 деталей, причем известно, что  $P(1000) = 0.3$ ,  $P(1200) = 0.6$ ,  $P(1400) = 0.1$ .

В цехе три сборочные линии, которые обслуживаются различными бригадами. Вероятности того, что вновь поступившая партия деталей попадет в  $i$ -ую бригаду, следующие:  $P(1) = 0.3$ ,  $P(2) = 0.5$ ,  $P(3) = 0.2$ . Оценить число деталей, получаемых каждой бригадой за смену (8 часов).

#### Вариант 15.

Начальник пожарной бригады обнаружил, что число пожаров за сутки следует распределению Пуассона со средним значением 4 пожара в сутки. Изучив данные по прежним пожарам, он нашел, что в 70% случаев для тушения потребовалась только одна пожарная машина, а время, необходимое для ликвидации пожара, имеет нормальное распределение с  $m = 2.5$  часа и  $\sigma = 0.5$  часа. В остальных 30% случаев нужны были две пожарные машины, а время для ликвидации этих пожаров распределено нормально с  $m = 3.5$  часа и  $\sigma = 1$  час.

Предполагая, что необходимые пожарные машины всегда находятся под рукой, определите, сколько часов в среднем они бывают нужны каждые сутки.

#### Вариант 16.

В систему управления в случайные моменты времени, интервалы между которыми имеют равномерный закон распределения на интервале  $[1, 5]$  минут, поступают сообщения о неблагоприятном ходе управляемого процесса. По каждому из сообщений система может принять одно из пяти управляющих воздействий  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$ ,  $U_4$  и  $U_5$ . Причем известно, что вероятности выбора решений равны, соответственно,  $P(U_1) = 0.15$ ,  $P(U_2) = 0.2$ ,  $P(U_3) = 0.22$ ,  $P(U_4) = 0.18$ ,  $P(U_5) = 0.25$ . Потери внутри объекта управления, вызванные задержкой в выдаче управляющего воздействия равны, соответственно, 200, 280, 290, 220 и 300 рублей.

Оценить потери внутри объекта управления за 8 часов работы, вызванные задержками в выдаче управляющих воздействий.

#### Вариант 17.

Психолог в службе «Телефон доверия» ведет разговор с клиентами. Время между поступлениями звонков на разговор подчиняется равномерному закону распределения на интервале  $20 \pm 5$  минут. Длительность разговора подчиняется экспоненциальному закону распределения и равно в среднем для 40% случаев 15 минутам, а для 60% случаев – 25 минутам. Известно, что клиент, услышавший «занято», бросает трубку.

Оценить, какой процент клиентов получает обслуживание, если служба работает с 16 до 24 часов.

#### Вариант 18.

Т.А.Шанс живет в Лас-Вегасе. Ежедневно перед работой он заходит в соседний ресторан и играет в «тройку». В этой игре игрок подбрасывает многократно монету до тех пор, пока разность между числом выпавших «гербов» и «решек» не станет равна трем. За каждый бросок монеты игрок платит один доллар, но при удачном исходе кона игры он получает 8 долларов. Каждое утро Т.А.Шанс откладывает 10 долларов для этой игры и играет в нее до тех пор, пока либо не проиграет все деньги, отложенные на игру, либо не завершит одну партию.

Оценить вероятность того, будет ли Шанс в выигрыше за неделю в 5 рабочих дней.

#### Вариант 19.

Два стрелка производят выстрелы по мишени. Вероятность попадания в десятку у первого игрока равна 0,8, у второго – 0,9. Каждый стрелок производит по 5 выстрелов, причем время, затрачиваемое на один выстрел, распределено равномерно и равно для первого стрелка  $18 \pm 6$  секунд, а для второго –  $20 \pm 5$  секунд. В случае промаха каждый из стрелков может зарядить запасной патрон и произвести дополнительный выстрел. У первого стрелка есть два запасных патрона, у второго – только один. На перезарядку требуется время, которое равно в среднем для каждого  $5 \pm 2$  секунды.

Оценить вероятность того, что первый стрелок поразит мишень 5 раз раньше второго.

### **3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ.**

#### ***Цель работы.***

Целью дано работы является получение первичных навыков работы на языке моделирования GPSS на примере моделирования многоканальных устройств: изучение среды моделирования и анализа результатов моделирования в среде GPSS World.

#### ***Методические указания.***

Для моделирования в среде GPSS World первоначально необходимо создать новый файл с текстом программы на GPSS, при этом тип документа должен быть Model.

Для запуска программы на создание имитационной модели выбирается команда меню Command/Create Simulation.

Если команда START у вас прописана в тексте программы, то в результате модель не только проверяется на синтаксис, но и запускается на выполнение. В этом случае вы сразу получите листинг отчета, в котором приводится информация о результатах моделирования: наличие транзактов в каждом блоке на момент завершения моделирования, информация обо всех устройствах, памятьях и других объектах языка, к которым производилось обращение в модели. Формат выводимых данных приведен в приложении 1 учебного пособия [1].

Если блок START не прописан в программе, то после команды Command/Create Simulation просто выдается сообщение об успешном прочтении программы (в случае отсутствия синтаксических и логических ошибок). В данном случае для выполнения программы необходимо выбрать команду меню Command/START и в возникшем окне указать параметр команды START (по умолчанию предлагается 1).

#### ***Задание на моделирование.***

- 1) Построить на GPSS модель системы, описанной в вашем варианте.

- 2) Провести моделирование для случая одного, двух, трех и более устройств и определить максимально необходимое количество каналов.
- 3) Требуемое число каналов определяется для каждого варианта в зависимости от поставленных условий.

### ***Варианты заданий.***

#### **Вариант 1.**

Поток автомобилей, проходящих через подземный туннель и терпящих в этот момент аварию или ломающихся, является пуассоновским со значением среднего, равным 1 день. Для предотвращения образования пробок при туннеле оборудуются ремонтные гаражи. Ремонт одного автомобиля занимает  $(2 \pm 1.5)$  дня. Смоделировать работу туннеля за год и определить необходимое количество ремонтных гаражей с учетом того, что ни один автомобиль, потерпевший аварию, не должен оставаться в туннеле.

#### **Вариант 2.**

Самолеты прибывают в аэропорт с интервалами в  $(25 \pm 10)$  минут. Время вылета самолетов из аэропорта распределено равномерно в интервале  $(30 \pm 15)$  минут. Время занятия взлетно-посадочной полосы зависит от типа самолета и подчиняется экспоненциальному закону со средним при посадке – 15 минут, при взлете – 25 минут. Определить необходимое количество взлетно-посадочных полос при условии отсутствия очереди. Моделирование провести в течение суток.

#### **Вариант 3.**

Психолог в службе «Телефон доверия» ведет разговор с клиентами в течение  $(25 \pm 15)$  минут. Считается, что запросы на разговор поступают через каждые  $(15 \pm 5)$  минут. Клиент, услышавший «занято», бросает трубку. Определить необходимое количество психологов, если требуется, чтобы доступ к разговору получали не менее 90% клиентов. смоделировать работу службы в течение недели, если время работы ее ежедневно с 20 ч 00 мин до 24 ч 00 мин.

#### Вариант 4.

Поступление пациентов в больницу имеет пуассоновское распределение. При этом существует два типа больных: тяжелобольные, со средним временем поступления два дня и легкобольные, со средним временем поступления 0.5 дня. Время обслуживания пациентов равно, соответственно,  $(15 \pm 5)$  дней и  $(5 \pm 3)$  дня. Определить необходимое количество коек в больнице, если пациенты должны получать место в больнице без ожидания. Смоделировать работу больницы в течение полугода.

#### Вариант 5.

Рабочие приходят в кладовую через каждые  $(100 \pm 50)$  секунд для получения необходимых деталей и инструмента. Время, затрачиваемое одним кладовщиком на поиск требуемой детали, характеризуется экспоненциальным законом распределения со средним 280 секунд. Выполнить моделирование на интервале 8 часов. Определить оптимальное количество кладовщиков, если требуется, чтобы каждый рабочий в среднем простаивал в очереди не более 2 минут.

#### Вариант 6.

Поток автомобилей, подъезжающих к мойке, является пуассоновским со значением среднего интервала, равным 10 минут. Время мойки распределено экспоненциально со значением среднего, равным 20 минут. На стоянке возле моечной станции могут расположиться три машины. Если клиенты подъезжают и не застают свободного места для ожидания, они уезжают. Промоделировать работу моечной в течение восьмичасового рабочего дня. Определить необходимое количество мест для мытья автомобилей, если требуется, чтобы обслуживание получали не менее 90% автомобилей.

#### Вариант 7.

В почтовое отделение поступает пуассоновский поток клиентов со средним временем появления 5 минут. Первоначально клиенты осматриваются, заполняют бланки, на что затрачивается в среднем  $(5 \pm 5)$  минут. Время обслуживания клиентов составляет  $(10 \pm 5)$  минут. Смоделировать работу отделения за четыре часа

непрерывной работы и найти оптимальное количество почтовых служащих, если требуется, чтобы клиенты в среднем проводили в почтовом отделении не более 25 минут.

#### Вариант 8.

В парикмахерскую могут приходиться клиенты двух типов. Клиенты первого типа желают только стричься, распределение интервалов их прихода составляет  $(35 \pm 10)$  минут. Клиенты второго типа желают подстричься и побриться. Распределение интервалов их прихода  $(40 \pm 20)$  минут. Парикмахер тратит на стрижку  $(25 \pm 10)$  минут, а на бритье  $(10 \pm 2)$  минуты. Выполнить моделирование работы парикмахерской в течение восьми часов. Определить оптимальное количество парикмахеров, если требуется, чтобы в очереди скапливалось не более 2 человек.

#### Вариант 9.

В магазин самообслуживания покупатели заходят каждые  $(3 \pm 1)$  минуту. Время, затрачиваемое покупателями на отбор товаров, подчиняется экспоненциальному закону и равно в среднем за 12 минут. Кассир обслуживает клиентов за  $(5 \pm 2)$  минуты. Выполнить моделирование работы магазина в течение восьмичасового рабочего дня. Определить оптимальное количество кассиров, если требуется, чтобы покупатели простаивали в очереди в среднем не более 5 минут.

#### Вариант 10.

Диспетчер управляет внутривозовским транспортом. Заявки на перевозку поступают к диспетчеру каждые  $(20 \pm 15)$  минут. Диспетчер передает заявку на выполнение водителю грузовика, на что тратит  $(3 \pm 1)$  минуту. Грузовик выполняет заявку на перевозку за  $(40 \pm 10)$  минут. Смоделировать работу системы в течение 10 часов. Определить необходимое количество грузовиков, если требуется, чтобы с момента поступления заявки до момента ее выполнения проходило в среднем не более 50 минут.

#### Вариант 11.

На станцию автообслуживания приезжают автомобили для заправки бензином или для мойки. Распределение интервалов

прихода автомобилей первого типа ( $15 \pm 5$ ) минут, второго типа – ( $40 \pm 20$ ) минут. На заправку автомобиля работник затрачивает ( $10 \pm 5$ ) минут, а на мойку – ( $25 \pm 10$ ) минут. Выполнить моделирование работы станции за 9 часов и определить оптимальное количество работников, если: и мойку и заправку могут выполнять одни и те же работники; необходимо, чтобы в очереди скапливалось не более 2 машин.

#### Вариант 12.

В справочную телефонную сеть города вызовы в дневное время суток поступают в среднем каждые 20 секунд, время поступления вызовов подчиняется экспоненциальному закону. Обслуживание абонентов оператором длится ( $40 \pm 20$ ) секунд. Смоделировать работу справочной службы в течение 10 часов. Определить необходимое количество операторов, если требуется, чтобы с первого раза дозванивались не менее 85 % клиентов.

#### Вариант 13.

В почтовое отделение по приему/выдаче переводов приходят клиенты двух типов. Клиенты первого типа желают послать денежный перевод. Распределение интервалов их прихода ( $20 \pm 10$ ) минут. Время, затрачиваемое на оформление перевода – ( $10 \pm 2$ ) минуты. Клиенты второго типа желают получить перевод. Время их прихода и обслуживания равно, соответственно, ( $10 \pm 5$ ) и ( $12 \pm 3$ ) минуты. Смоделировать работу отделения с 8 ч 00 мин до 14 ч 00 мин. Определить оптимальное количество почтовых служащих, если требуется, чтобы в почтовом отделении не скапливалось более 5 человек.

#### Вариант 14.

Читатели приходят в библиотеку в среднем каждые 3 минуты. Первоначально они проводят поиск необходимых книг в каталоге, на что затрачивают ( $8+7$ ) минут. Библиотекарь обслуживает читателя в среднем 3 минуты. Время прихода и время обслуживания подчиняется экспоненциальному закону. Требуется, чтобы клиенты ожидали в очереди в среднем не более 5 минут. Промоделировать работу библиотеки в течение 5 часов и определить необходимое количество работников.

#### Вариант 15.

Больные приходят в поликлинику в среднем каждые 5 минут и обращаются в регистратуру за талоном к врачу или за карточкой. Регистратор обслуживает посетителя в среднем в течение  $(3 \pm 1)$  минуты. После регистратуры больной направляется к врачу. Врач осматривает больного и назначает лечение, на что затрачивает в среднем 12 минут. Время прихода больных и время работы врача подчиняются экспоненциальному закону распределения. Определить оптимальное количество врачей, если необходимо, чтобы больные ожидали приема не более 6 минут. Промоделировать работу поликлиники в течение 8 часов.

#### Вариант 16.

В железнодорожную кассу пассажиры приходят каждые  $(10 \pm 5)$  минут. Первоначально они изучают расписание движения поездов, либо обращаются в справочную службу, на что затрачивают  $(6 \pm 5)$  минут. Время обслуживания клиентов кассиром распределено равномерно на интервале  $(12 \pm 6)$  минут. Требуется, чтобы в кассы очередь не превышала 5 человек. Определить оптимальное количество кассиров, промоделировав работу касс в течение 10 часов.

#### Вариант 17.

После первичной термообработки в печи детали поступают в цех доводки, в котором проходят два этапа обработки. Время поступления деталей распределено равномерно на интервале  $(5 \pm 1)$  минуты. Время обработки деталей на первом этапе равно  $(7 \pm 2)$  минуты, на втором этапе –  $(12 \pm 4)$  минуты. Определить необходимое количество рабочих на первом и на втором этапах, если необходимо, чтобы любая подошедшая деталь сразу же бралась на обработку (не должно скапливаться очередей). Промоделировать работу цеха в течение 8-часового рабочего дня.

#### Вариант 18.

В студенческий вычислительный зал заходят студенты-пользователи, желающие провести расчеты на ЭВМ. Поток пользователей является пуассоновским со значением среднего, рав-

ным 10 минут. Время, необходимое для решения задач, включая выводы результатов на печать, характеризуются интервалом  $(18 \pm 6)$  минут. Не допускается, чтобы более пяти пользователей ожидали своей очереди. Смоделировать процесс обслуживания ста пользователей. Определить необходимое количество машин с тем, чтобы обслуживание получали все приходящие студенты.

#### Вариант 19.

В вычислительную машину, работающую в системе управления технологическим процессом, через каждые  $(3 \pm 1)$  секунды поступает информация от датчиков и измерительных устройств. До обработки на ЭВМ информационные сообщения, длина которых 8 байт, накапливаются в буферной памяти объемом 64 байта. Продолжительность обработки всего накопленного пакета сообщений на ЭВМ имеет экспоненциальный характер со средним 15 секунд. Смоделировать процесс работы системы на четыре часа, определить коэффициент загрузки ЭВМ.

#### Вариант 20.

Вычислительная система состоит из нескольких ЭВМ. С интенсивностью три прихода в одну минуту в систему поступает пуассоновский входной поток заданий, которые адресуются одной из свободных ЭВМ. После обработки задания на одной из ЭВМ оно считается выполненным. Продолжительность обработки заданий на одной ЭВМ характеризуется интервалом времени  $(4 \pm 1)$  минуты. Смоделировать процесс обработки 200 заданий. Определить необходимое количество ЭВМ, если необходимо, чтобы для вновь поступившего задания сразу же находилась свободная машина.

### **4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. ОЦЕНИВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИССЛЕДУЕМОЙ СИСТЕМЫ.**

#### ***Цель работы.***

Целью данной работы является изучение различных типов функций языка GPSS, а также получение навыков вычисления требуемых характеристик исследуемой системы.

***Методические указания.***

Рассматривается некоторая стохастическая система.

Известны следующие характеристики системы: время прихода и время обработки заявок. Временные характеристики подчиняются различным законам распределения. Если закон распределения не является равномерным или экспоненциальным, то для его представления необходимо описать собственную функцию.

В каждом варианте задания определена характеристика системы, которую необходимо рассчитать.

Для проведения необходимых расчетов в модели использовать переменные, ячейки и стандартные числовые атрибуты языка GPSS. Результат (требуемая расчетная характеристика) должен выдаваться в отчете, как значение ячейки.

***Задание на моделирование.***

1. Согласно варианту задания описать необходимую функцию времени поступления/обслуживания заявок.

2. Провести моделирование работы системы в течение заданного модельного времени. Если время моделирования не задано, оно выбирается самостоятельно таким образом, чтобы получить удовлетворительную статистику.

3. Определить требуемую характеристику системы.

***Варианты заданий.*****Вариант 1**

Время между последовательными прибытиями покупателей в магазин равномерно распределяется на интервале от 1 до 20 минут. Для 50% покупателей время обслуживания составляет 8 минут, в то время как для остальных 50% это время составляет 14 минут. Определить суммарное время ожидания покупателей (общее время простоя в очереди) за 4 часа работы магазина.

**Вариант 2**

Детали с конвейера поступают на обработку в среднем каждые  $4 \pm 2$  минуты. Для обработки деталей используется один станок, причем время обработки зависит от времени  $t$ , прошедшем от момента поступления детали с конвейера до момент начала

обработки следующим образом: если  $t \leq 1$  минуты – время обслуживания равно 8 минутам, если  $1 < t \leq 3$  минут – время обслуживания равно 6 минутам, если  $3 < t < 5$  минут – время обслуживания равно 4 минутам, и если  $t \geq 5$ , то время обслуживания равно 2 минутам.

Определить вероятность простоя станка за 6 часов работы.

### Вариант 3

Время между приходом больных в поликлинику подчиняется следующему закону:

|                              |     |      |      |      |
|------------------------------|-----|------|------|------|
| Вероятность                  | 0.2 | 0.35 | 0.17 | 0.28 |
| Время между приходом больных | 3   | 4    | 5    | 6    |

Прием ведут два терапевта, очередь общая. Время обслуживания одного больного подчиняется экспоненциальному закону и равно в среднем 4 минуты.

Определить суммарное время занятости обоих врачей за 4 часа приема.

### Вариант 4.

Время между последовательными прибытиями покупателей в магазине равномерно распределяется на интервале от 2 до 18 минут. Для 30% покупателей время обслуживания составляет 5 минут, для других 30% – 12 минут и для остальных 40% это время составляет 16 минут.

Определить суммарное время простоя системы обслуживания за 8 часов работы.

### Вариант 5

В почтовое отделение поступает пуассоновский поток клиентов со средним временем появления 5 минут. Первоначально клиенты осматриваются, заполняют бланки, время осмотра подчиняется следующему закону:

|               |     |      |      |      |
|---------------|-----|------|------|------|
| Вероятность   | 0.2 | 0.35 | 0.17 | 0.28 |
| Время осмотра | 4   | 6    | 2    | 3    |

Время обслуживания клиентов составляет  $(10 \pm 5)$  минут. Смоделировать работу отделения за четыре часа непрерывной работы, если работает 3 почтовых служащих. Определить общее время нахождения всех посетителей в почтовом отделении.

#### Вариант 6

Психолог в службе «Телефон доверия» ведет разговор с клиентами. Время между поступлениями звонков на разговор подчиняется равномерному закону распределения на интервале  $20 \pm 5$  минут. Длительность разговора равно в среднем для 40% случаев 15 минутам, а для 60% случаев – 25 минутам. Известно, что клиент, услышавший «занято», бросает трубку.

Оценить, какой процент клиентов получает обслуживание, если служба работает с 16 до 24 часов.

#### Вариант 7

В цех в случайные моменты времени, отделяемые друг от друга интервалами, имеющими экспоненциальное распределение со средним значением 3 партии в час, поступают очередные партии комплектующих изделий. Конкретный размер партии деталей определяется, исходя из того, что поставки ведутся партиями, содержащими обычно 1000, 1200 и 1400 деталей, причем известно, что  $P(1000) = 0.3$ ,  $P(1200) = 0.6$ ,  $P(1400) = 0.1$ .

В цехе три сборочные линии. Время сборки зависит от размера партии  $Q$  и равно  $Q \cdot 2$  секунд. Определить общее время, затрачиваемое на сборку всеми линиями за смену (8 часов).

#### Вариант 8

В кассы кинотеатра приходят посетители в среднем каждые  $4 \pm 2.5$  минуты. Сначала посетители осматриваются (читают афиши, выбирают сеанс и т.п.), время осмотра составляет в среднем  $5 \pm 4$  минуты. Работают две кассы, время обслуживания подчиняется следующему закону:

|                    |     |      |      |      |
|--------------------|-----|------|------|------|
| Вероятность        | 0.2 | 0.35 | 0.17 | 0.28 |
| Время обслуживания | 5   | 6    | 3    | 4    |

Определить общее время, затраченное кассирами на обслуживание клиентов за 8 часов работы касс.

#### Вариант 9

Процесс производства одной из деталей состоит в следующем: каждые  $2 \pm 1$  минуты из печи выходят заготовки. Дальше заготовки транспортируются к месту обработки по конвейеру. Время транспортировки - случайная величина, имеющая экспоненциальный закон распределения со средним значением 5 минут. С конвейера заготовки поступают на обработку к двум рабочим. Время обработки – случайная величина: для 30% деталей время обслуживания составляет 5 минут, для других 30% – 2 минуты и для остальных 40% это время составляет 1 минуту.

Определить общее время занятости рабочих за смену (8 часов).

#### Вариант 10

Больные приходят в поликлинику в среднем каждые 5 минут (экспоненциальный закон распределения) и обращаются в регистратуру за талоном к врачу или за карточкой. Регистратор обслуживает посетителя в среднем в течение ( $3 \pm 1$ ) минуты. После регистратуры больной направляется к врачу. Врач осматривает больного и назначает лечение, время обслуживания подчиняется следующему закону:

|                    |     |     |      |      |
|--------------------|-----|-----|------|------|
| Вероятность        | 0.3 | 0.1 | 0.25 | 0.35 |
| Время обслуживания | 2   | 3   | 4    | 5    |

Определить общее время, проводимое всеми в больными в очередях за 8 часов работы поликлиники.

#### Вариант 11.

После первичной термообработки в печи детали поступают в цех доводки, в котором проходят два этапа обработки. Время поступления деталей распределено равномерно на интервале ( $5 \pm 1$ ) минуты. Время обработки деталей на первом этапе равно ( $7 \pm 2$ ) минуты. На втором этапе время обработки зависит от времени  $t$ , прошедшем от момента поступления детали в цех до момента

начала второго этапа: если  $t \leq 6$  минут – время обработки на втором этапе равно 8 минутам, если  $6 < t \leq 8$  минут – 6 минутам, и если  $8 < t$  – время обработки равно 4 минутам.

Определить суммарное время, затрачиваемое на обработку всех деталей с момента поступления в цех до момента окончания второго этапа обработки за 8-часовой рабочий день.

Вариант 12.

В магазин самообслуживания покупатели заходят каждые  $(3 \pm 1)$  минуту. Время, затрачиваемое покупателями на отбор товаров, подчиняется следующему закону:

|                      |     |     |     |     |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|
| Вероятность          | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 |
| Время отбора товаров | 3   | 5   | 4   | 2   |

Кассир обслуживает клиентов за  $(5 \pm 2)$  минуты. Выполнить моделирование работы магазина в течение восьмичасового рабочего дня. Определить вероятность того, что кассир будет простаивать.

Вариант 13.

Диспетчер управляет внутривозовым транспортом. Заявки на перевозку поступают к диспетчеру каждые  $(15 \pm 10)$  минут. Диспетчер передает заявку на выполнение водителю грузовика, на что тратит  $(3 \pm 1)$  минуту. На заводе работает три грузовика. Время перевозки зависит от заказа и подчиняется следующему закону:

|                 |     |     |     |     |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|
| Вероятность     | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 |
| Время перевозки | 3   | 5   | 4   | 2   |

Смоделировать работу системы в течение 10 часов. Определить общее время занятости диспетчера.

Вариант 14.

В справочную телефонную сеть города вызовы в дневное время суток поступают по следующему закону (в секундах):

|                      |      |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|------|
| Вероятность          | 0.22 | 0.18 | 0.34 | 0.26 |
| Время между вызовами | 30   | 20   | 50   | 40   |

Обслуживание абонентов оператором длится  $(40 \pm 20)$  секунд. Смоделировать работу справочной службы в течение 10 часов. Определить общее время простоя работников, если в справочной службе работает два оператора.

#### Вариант 15

Поток автомобилей, подъезжающих к мойке, является пуассоновским со значением среднего интервала, равным 10 минут. Время мойки подчиняется следующему закону:

|             |     |     |     |     |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| Вероятность | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.1 |
| Время мойки | 15  | 25  | 17  | 10  |

На стоянке возле моечной станции могут расположиться три машины, количество мест для мытья автомобилей равно 2. Если клиенты подъезжают и не застают свободного места на стоянке для ожидания, они уезжают. Промоделировать работу моечной в течение восьмичасового рабочего дня.

Определить общее время простоя автомобилей на стоянке в ожидании очереди на мойку.

### **5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ СИСТЕМЫ С РАЗНОТИПНЫМИ ЗАЯВКАМИ.**

#### ***Цель работы.***

Целью данной работы является изучение особенностей моделирования разнотипных заявок с различными приоритетами, а также получение навыков исследования систем массового обслуживания с определением эффективного режима их работы.

#### ***Методические указания.***

Рассматривается система массового обслуживания (СМО), на вход которой поступают заявки различных типов, которые могут иметь различные приоритеты.

Известны следующие характеристики системы: время прихода и время обработки заявок. В процессе исследования системы необходимо определить наиболее эффективный режим ее ра-

боты. Эффективность работы системы рассматривается с точки зрения минимизации затрат, либо максимизации прибыли.

В любой СМО существует две составляющие: клиенты/заявки и каналы обслуживания. С одной стороны, чтобы минимизировать затраты на содержание каналов обслуживания или потери от их простоя, необходимо снижать количество каналов. С другой стороны, при малом количестве каналов обслуживания появляется большая очередь, и увеличиваются потери от простоя заявок в очереди. Если же очередь имеет ограничения, то увеличиваются потери от теряющихся заявок, либо уменьшается прибыль от обслуживания заявок.

В каждом варианте определены характеристики, по которым должна определяться эффективность работы системы. Необходимо провести моделирование работы СМО при различном количестве каналов обслуживания, определяя для каждого случая потери или прибыль исследуемой системы.

Если по клиентам указаны характеристики потерь, то для каждого случая определяются суммарные потери, складывающиеся из потерь от простоя каналов (или затрат на их обслуживание) и потерь от простоя заявок (или потерь от их ухода). Если в задании указана прибыль от обслуживания клиентов, то для каждого случая (при различном количестве каналов) определяется общая прибыль системы, рассчитываемая как суммарная прибыль от обслуживания клиентов за вычетом затрат на содержание каналов обслуживания.

Для проведения необходимых расчетов в модели использовать переменные, ячейки и стандартные числовые атрибуты языка GPSS. Результат (общая прибыль или потери) должен выдаваться в отчете, как значение ячейки.

В результате проведенных исследований выбирается оптимальное количество каналов обслуживания.

Для выбранного количества каналов рассматривается возможность приоритетного обслуживания: расставляя приоритеты различным типам заявок всевозможными способами, подобрать наиболее эффективный режим, максимизируя прибыль или минимизируя затраты.

По результатам проведенных исследований необходимо дать рекомендации: какое количество каналов обслуживания является

наиболее оптимальным, и каким образом должны быть расставлены приоритеты у заявок для обеспечения эффективной работы системы.

### ***Задание на моделирование.***

1. Провести моделирование работы системы в течение заданного модельного времени. Если время моделирования не задано, оно выбирается самостоятельно таким образом, чтобы получить удовлетворительную статистику.

2. Найти наиболее эффективный режим работы моделируемой системы, исходя из стоимости простоя каналов обслуживания (или затрат на их содержание) и стоимости потери клиентов (или прибыли от их обслуживания).

### ***Варианты заданий.***

#### **Вариант 1.**

На склад поступают продукты двух типов: скоропортящиеся и долго хранимые с интервалами распределений соответственно  $(1 \pm 0.5)$  дня и  $(2 \pm 1)$  день. Со склада в магазин продукты перевозятся одним или несколькими грузовиками. Емкость грузовика – 1 единица продукции. Время, затрачиваемое на погрузку, перевозку и разгрузку распределено по экспоненциальному закону со средним 0.5 дня. В магазине может одновременно находиться 5 единиц продукции. Время продажи продуктов распределено равномерно на интервале  $(1.5 \pm 1)$  день для скоропортящихся продуктов и  $(1 \pm 0.5)$  дня для долго хранимых. При перевозке продуктов владелец магазина определил безусловный приоритет для скоропортящихся. Определить необходимое количество грузовиков в системе, если стоимость грузовика – 500 рублей в день. скоропортящиеся продукты могут храниться 3 дня (с момента поступления на склад до продажи) и затем пропадают, их стоимость – 1000 рублей на единицу продукции. Продукты второго типа хранятся 10 дней, их стоимость – 3000 рублей на единицу продукции. Определить, действительно ли необходим приоритете для скоропортящихся продуктов.

#### **Вариант 2.**

Самолеты прибывают в аэропорт с интервалами в  $(25 \pm 10)$  минут. Время вылета самолетов из аэропорта распределено равномерно в интервале  $(30 \pm 15)$  минут. Время занятия взлетно-посадочной полосы зависит от типа самолета и подчиняется экспоненциальному закону со средним при посадке – 15 минут, при взлете – 25 минут. Исследовать работу аэропорта при учете приоритетности взлетающих самолетов, если очередь в воздухе может быть до трех самолетов, а на земле – до пяти самолетов. Определить наиболее эффективный режим работы аэропорта, если стоимость каждой взлетно-посадочной полосы 10 тысяч рублей в день, потери от простоя самолетов в воздухе – 500 рублей в час, на земле – 200 рублей в час.

### Вариант 3.

Поступление пациентов в больницу имеет пуассоновское распределение. При этом существует два типа больных: тяжелобольные, со средним временем поступления два дня и легкобольные, со средним временем поступления 0.5 дня. Время обслуживания пациентов равно, соответственно,  $(15 \pm 5)$  дней и  $(5 \pm 3)$  дня. Исследовать работу данной системы при ограниченном количестве коек в больнице. Тяжелобольные поступают вне очереди. Определить эффективный режим работы, если доходы от больных составляют 150 рублей в день от тяжелобольного и 50 рублей в день от легкобольного. При этом на каждые 10 коек требуется медсестра с окладом 300 рублей в день.

### Вариант 4.

В женскую парикмахерскую приходят клиентки трех типов: для стрижки, химии, стрижки и химии одновременно. Распределение интервалов их прихода, соответственно,  $(20 \pm 10)$  минут,  $(30 \pm 10)$  минут и  $(35 \pm 15)$  минут. Парикмахер тратит на стрижку  $(30 \pm 10)$  минут, а на химию –  $(50 \pm 10)$  минут. Стоимость стрижки составляет 250 рублей, химии – 500 рублей. Парикмахер вместе с местом обслуживания обходится в 800 рублей в день. Исследовать работу парикмахерской в течение 8-часового рабочего дня с учетом возможности установления приоритетов для посетителей. Мест для ожидания посетителями своей очереди – два. Посетитель, заставший более двух ожидающих клиентов, уходит.

### Вариант 5.

В кладовую за запасными деталями приходят рабочие трех типов, соответственно, через каждые  $(5.2 \pm 2)$  минуты,  $(3 \pm 1.6)$  минуты и  $(7 \pm 4.5)$  минуты. Для поиска соответствующей детали кладовщику требуется  $(4.4 \pm 3)$  минуты,  $(2 \pm 1)$  минута и  $(5.2 \pm 3.6)$  минут. После получения требуемых деталей рабочий затрачивает время на ремонт станка, распределенное по экспоненциальному закону со средним 3, 2 и 4 минуты соответственно. Потери от простоя станков соответственно равны 40, 30 и 50 коп/мин. Для содержания кладовщика требуется 30 рублей в час. Определить оптимальное количество кладовщиков для работы на складе и оптимальный порядок обслуживания заявок.

### Вариант 6.

В почтовое отделение поступает пуассоновский поток клиентов трех типов: клиенты, которые отправляют посылки, со средним временем появления 7 минут, клиенты, которые получают посылки, со средним временем появления 5 минут и посетители, покупающие открытки или конверты, со средним интервалом прихода 2 минуты. Время обслуживания клиентов составляет, соответственно,  $(12 \pm 3)$  минуты,  $(5 \pm 2)$  минуты и  $(0.5 \pm 0.2)$  минуты. Клиенты третьего типа уходят, если очередь составляет более трех человек; клиенты первого типа уходят в другое почтовое отделение, если очередь больше семи человек. Смоделировать работу отделения за четыре часа непрерывной работы и найти оптимальное количество человек, обслуживающих посетителей, если известно, что потеря клиентов первого и третьего типов составляет, соответственно, 20 и 4 рублей с человека; стоимость работы почтового служащего составляет 40 рублей в час. Рассмотреть возможность приоритетного обслуживания.

### Вариант 7.

Одна насосная станция накачивает 1 единицу нефти в среднем за  $(5 \pm 1)$  минуты. Поток заявок на нефть подчинен пуассоновскому закону со средним 1 час. На станцию поступают заявки двух типов: на 5 и на 10 единиц нефти. Определить необходимое количество насосных станций, если потери от простоя насоса со-

ставляют 1000 рублей в час; в ожидании может находиться не более трех заявок, сверх этого заявки теряются, при этом убыток от потери заявок составляет 2000 рублей для заявок первого типа и 4000 рублей – для второго.

Рассмотреть возможность приоритетного обслуживания заявок для оптимального обслуживания. Насосные станции работают круглосуточно.

#### Вариант 8.

При подходе судов к речному порту из-за географических особенностей местности используются судоходные каналы. Поток судов, прибывающих в порт, распределен в интервале  $(35 \pm 25)$  минут. Среднее время пребывания судов в порту, занятое под разгрузку/погрузку, составляет  $(1.5 \pm 0.5)$  суток. Затем суда выходят из порта через те же каналы. Среднее время прохождения судна через канал равно  $(1.5 \pm 0.5)$  часа. Определить оптимальное число судоходных каналов, если стоимость эксплуатации одного канала составляет 1000 рублей в час, а потери от простоя судна в очереди перед каналом составляет 500 рублей в час. Обеспечить безусловный приоритете для судов, выходящих из порта, так как количество мест у пристани ограничено.

#### Вариант 9.

В телевизионное ателье поступают заявки на ремонт телевизоров двух типов: на мелкий ремонт, производимый на дому, и на крупный ремонт, производимый в ателье. Время поступления заявок составляет, соответственно,  $(2 \pm 0.5)$  часа и  $(5 \pm 1.5)$  часа. Мастер затрачивает на ремонт телевизора в среднем, соответственно,  $(1 \pm 0.5)$  часа и  $(5 \pm 3)$  часа. Кроме того, для ремонта на дому мастер затрачивает время на дорогу в среднем  $(1 \pm 0.4)$  часа. Определить оптимальное количество мастеров, если заявка ставится в очередь, только, если очередь составляет не более десяти заказов, остальные заявки теряются; убытки при потери заявок составляют в среднем 100 рублей; потери от простоя мастера составляют 10 рублей в час. Рассмотреть возможность приоритетного обслуживания в мастерской и на дому.

#### Вариант 10.

В мультипрограммную ЭВМ поступает пуассоновский входящий поток заданий двух типов со средним 0.5 минут и 2 минуты, соответственно для первого и второго типа заданий. Первый тип заданий требует для вычислений  $(20 \pm 5)$  секунд и  $(40 \pm 5)$  секунд для вывода на печать. Второй тип заданий требует соответственно  $(140 \pm 50)$  секунд и  $(30 \pm 10)$  секунд. ЭВМ позволяет обрабатывать одновременно до пяти заданий, иначе эффективность ее работы резко падает. Принтер может обрабатывать только одно задание, остальные должны оставаться в очереди. Определить, будет ли справляться один принтер с выходным потоком заявок так, чтобы очередь на печать не росла бесконечно. Определить оптимальный режим работы ЭВМ (с минимизацией по времени ожидания), изменяя приоритеты заданий при поступлении на счет и на печать.

#### Вариант 11.

В кафе приходят посетители двух типов: по одному человеку, и по четыре человека. Поток посетителей первого типа является пуассоновским со средним 10 минут. Посетители второго типа приходят в кафе в интервале  $(30 \pm 5)$  минут. Время обслуживания (выполнения заказа) посетителей первого типа составляет  $(15 \pm 5)$  минут, второго типа –  $(25 \pm 10)$  минут. Время, затрачиваемое клиентами на обед, распределено равномерно в интервале  $(45 \pm 15)$  минут. Определить оптимальное количество мест в кафе, если известно, что:

1) посетитель, заставший все места в кафе занятыми, уходит немедленно;

2) доходы кафе от клиента составляют 100 рублей;

3) каждый четырехместный стол обходится кафе в 200 рублей (до 10 столов); на каждые следующие 10 столов расходы составляют 320 рублей; стоимость каждого стола сверх 20 обходится в 500 рублей.

#### Вариант 12.

В трикотажном ателье 40 швейных машин и 8 оверлоков работают восемь часов в день, пять дней в неделю. Любая из этих машин может выйти из строя, в этом случае ее отправляют в ремонтную мастерскую, где ее чинят и возвращают в цех. На ре-

монт сломанной швейной машины уходит  $(7\pm 3)$  часа, на ремонт оверлока –  $(6\pm 3)$  часа. При эксплуатации в производстве время наработки до отказа распределено равномерно и составляет  $(157\pm 25)$  часов для швейной машины и  $(180\pm 35)$  часов для оверлока. Определить оптимальный режим работы ателье, если:

- 1) необходимо, чтобы в рабочем состоянии всегда находилось не менее шести оверлоков;
- 2) содержание каждого ремонтного рабочего обходится ателье в 400 рублей в день;
- 3) потери от простоя одной швейной машины обходятся в 20 рублей в час.

#### Вариант 13.

В мастерскую по ремонту холодильников поступают заявки двух типов: на ремонт холодильников на дому (мелкий ремонт) и ремонт холодильников в мастерской (крупный ремонт или ремонт по гарантии). Время поступления заявок подчиняется экспоненциальному закону распределения и в среднем равно, соответственно, 2 часа и 4.5 часа. Время на ремонт холодильника в мастерской распределено равномерно и составляет  $(5.5\pm 1.5)$  часа. Заявки на ремонт на дому выполняются мастером в течение  $(2.8\pm 1.5)$  часа (включая время на дорогу к клиенту и обратно). Работа мастерской организована таким образом, что заявки на ремонт принимаются только в том случае, если в очереди находится не более 5 заявок, иначе клиент получает отказ. Убытки от потери заявок составляют 200 рублей. Каждый работник обходится мастерской в 500 рублей в день. Определить оптимальный режим работы мастерской.

#### Вариант 14.

В цех по сборке изделия двух типов поступают через промежутки времени, распределенные на интервале, соответственно,  $(4\pm 2)$  минуты и  $(2\pm 1)$  минуту. Рабочий на конвейере выполняет сборку изделия первого типа за  $(9\pm 2)$  минуты и второго типа – за  $(5\pm 2)$  минуты, после чего изделия поступают к контроллеру ОТК. Контроллер тестирует изделие первого типа в течение  $(2\pm 0.5)$  минут и второго типа –  $(1.5\pm 0.5)$  минут. Десять процентов изделий контроллер отбраковывает и снова направляет в цех на дора-

ботку. Известно, что как только у контроллера скапливается 10 деталей, конвейер вынужденно останавливают (новые детали не принимаются). Простой конвейера обходится в 100 рублей в минуту. Контроллеру выплачивается 500 рублей в день. Определить необходимое количество контроллеров и рабочих на конвейере, если количество рабочих должно быть достаточным, чтобы очередь на конвейер не превышала 20 деталей. Промоделировать работу цеха в течение 8-часового рабочего дня.

#### Вариант 15.

В одно из подразделений городской сотовой связи приходят клиенты трех типов: для внесения абонентской платы, для покупки телефона и для заключения договора на подключение к сети. Время прихода посетителей подчиняется экспоненциальному закону распределения и равно, соответственно, 5, 14 и 25 минут. Время обслуживания клиентов также распределено экспоненциально и равно для первого типа заявок – 2 минуты, для второго типа – 10 минут, и для третьего – 10 минут. Клиенты первого типа уходят, если очередь составляет более трех человек; клиенты второго типа уходят, если очередь больше четырех человек. Смоделировать работу отделения за восемь часов непрерывной работы и найти оптимальное количество человек, обслуживающих посетителей, если известно, что потеря клиентов первого и второго типов составляет, соответственно, 20 и 100 рублей с человека; стоимость работы работника отделения составляет 50 рублей в час. Рассмотреть возможность приоритетного обслуживания.

#### Вариант 16.

В мебельный салон по изготовлению и продаже мебели посетители приходят в среднем каждые 40 минут, причем половина из них заказывает мягкую мебель, а половина - каркасную. После осмотра образцов товара и общения с продавцом половина посетителей уходят, а оставшая половина заказывает мебель. В отделе продаж и приемки заказов с клиентами первого типа (с учетом и тех, кто не стал ничего заказывать и покупать) работают в среднем 20 минут, с клиентами второго типа – 25 минут. В мастерской, куда передаются заказы на изготовление, на выполнение

одного заказа первого типа затрачивается примерно 14 часов, второго типа – 35 часов. Все временные характеристики распределены экспоненциально. Если в очереди на выполнение в мастерской скопилось 10 заказов, очередной клиент уходит в другой салон. Прибыль от выполнения заказа на мягкую мебель составляет 2 тысячи, на каркасную – 5 тысяч. Определить необходимое количество работников в мастерской, если зарплата одного работника составляет 600 рублей в день при рабочем дне в 8 часов.

#### Вариант 17.

На станцию автообслуживания приезжают автомобили для заправки бензином или для мойки. Распределение интервалов прихода автомобилей первого типа ( $15 \pm 5$ ) минут, второго типа – ( $40 \pm 20$ ) минут. На заправку автомобиля работник затрачивает ( $10 \pm 5$ ) минут, а на мойку – ( $25 \pm 10$ ) минут. На заправку машины становятся в очередь, только если очередь не превышает 5 машин. В случае, если очередь на мойку составляет 2 машины, очередная подъехавшая машина уезжает. Прибыль от обслуживания заявки первого типа составляет 30 рублей с машины, второго типа – 60 рублей с машины. Выполнить моделирование работы станции за 9 часов и определить оптимальное количество работников, если: и мойку и заправку могут выполнять одни и те же работники; зарплата одного работника составляет 40 руб/час.

#### Вариант 18.

В мастерскую по ремонту и пошиву обуви приходят два типа посетителей: на ремонт и на пошив, время прихода посетителей первого типа распределено равномерно в интервале ( $12+5$ ) минут, второго типа – ( $40+10$ ) минут. На ремонт требуется в среднем 28 минут, на пошив - 8 часов, время работы распределено экспоненциально. В случае, если очередь составляет более 5 человек, клиенты первого типа уходят. прибыль от обслуживания клиентов первого типа составляет 200 рублей, второго типа – 1000 рублей. Зарплата одного работника мастерской составляет 550 рублей в день.

## **6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5. СИНХРОНИЗАЦИЯ ТРАНЗАКТОВ.**

***Цель работы.***

Целью данной работы является изучение особенностей моделирования на GPSS, связанное с синхронизацией транзактов.

***Методические указания.***

Рассматривается работа стохастической системы. Необходимо построить ее модель с целью получения оценок характеристик процессов, протекающих в системе.

Внимательно прочитайте задание и разберитесь с алгоритмом работы системы.

Для создания копий транзактов используется блок SPLIT. При размножении транзактов помните, что из блока SPLIT выходит A копий плюс исходный транзакт. Копии и сам исходный транзакт составляют одно семейство.

При слиянии или синхронизации движения транзактов объединяются или синхронизируются транзакты одного семейства. При слиянии транзактов с помощью блока ASSEMBLE следите за тем, чтобы количество транзактов одного семейства было кратно количеству объединяемых транзактов.

Для синхронизации транзактов по времени используется блок MATCH.

Для получения оценок требуемых характеристик системы используйте такие объекты языка, как ячейки и переменные.

***Задание на моделирование.***

1. Построить модель системы на языке GPSS с использованием блоков синхронизации транзактов.
2. Определить необходимые характеристики системы.

***Варианты заданий.*****Вариант 1.**

На сборочный участок цеха предприятия через интервалы времени, распределенные экспоненциально со средним значением 10 мин, поступают партии, каждая из которых состоит из четырех деталей. Половина всех поступающих деталей перед сборкой должна пройти предварительную обработку в течение 7 ми-

нут. На сборку одновременно подаются обработанная и необработанная детали. Процесс сборки занимает всего 6 мин. Затем изделие поступает на регулировку, продолжающуюся в среднем 8 мин (все временные характеристики подчиняются экспоненциальному закону распределения).

Смоделировать работу участка в течение 24 час. Определить возможные места появления очередей и их вероятностно-временные характеристики.

#### Вариант 2.

На регулировочный участок цеха через случайные интервалы времени поступают по два агрегата в среднем через каждые 30 мин. Первичная регулировка осуществляется для двух агрегатов одновременно и занимает около 30 мин. Если в момент прихода агрегатов предыдущая партия не была обработана, поступившие агрегаты на регулировку не принимаются. Агрегаты после первичной регулировки, получившие отказ, поступают в промежуточный накопитель. Из накопителя агрегаты, прошедшие первичную регулировку, поступают попарно на вторичную регулировку, которая выполняется в среднем за 30 мин, а не прошедшие первичную регулировку поступают на полную, которая занимает 100 мин для одного агрегата. Все величины, заданные средними значениями, распределены экспоненциально.

Смоделировать работу участка в течение 100 час. Определить вероятность отказа в первичной регулировке и загрузку накопителя агрегатами, нуждающимися в полной регулировке. Определить параметры и необходимое количество каналов обслуживания на вторичной обработке с тем, чтобы очередь на обработку не росла бесконечно.

#### Вариант 3.

С конвейера в отдел технического контроля детали поступают партиями по 10 штук каждые  $(5 \pm 1)$  минут. Контроллер проверяет детали и или забраковывает их и отправляет на переплавку, или забраковывает и отправляет на доработку, или пропускает. Для проверки одной детали контроллеру требуется 1 минута. 5% деталей отправляется в переплавку, 10% – на доработку. Среднее время, затрачиваемое на доработку детали, составляет

( $35 \pm 10$ ) минут, после чего деталь вновь поступает в отдел технического контроля. Доработкой занимается один рабочий.

Определить за смену (8 часов) количество деталей, попадающих на переплавку, и деталей, попадающих на доработку.

#### Вариант 4.

На комплектовочный конвейер сборочного цеха каждые  $15 \pm 10$  мин поступают 6 изделий первого типа и 8 изделий второго типа. Конвейер состоит из секций, вмещающих по 2 изделия каждого типа. Комплектация начинается только при наличии деталей обоих типов в требуемом количестве и длится ровно 3 мин. При нехватке деталей секция конвейера остается пустой.

Смоделировать работу конвейера сборочного цеха в течение 8 ч. Определить вероятность пропуска секции, средние и максимальные очереди по каждому типу изделий.

#### Вариант 5.

Из литейного цеха на участок обработки и сборки поступают заготовки партиями по три штуки через  $20 \pm 5$  мин. Одна заготовка из партии обрабатывается в течение 15 мин (время распределено экспоненциально) и поступает на комплектацию. Две других заготовки обрабатывается за 10 мин (время распределено экспоненциально) перед комплектацией, которая требует наличия одной детали первого типа и двух деталей второго. После этого все три детали подаются на сборку, которая занимает  $10 \pm 2$  мин для первой детали и  $15 \pm 8$  мин для двух других, причем они участвуют в сборке одновременно. При наличии на выходе одновременно всех трех деталей изделие покидает участок.

Смоделировать работу участка в течение 100 ч. Определить места образования и характеристики возможных очередей.

#### Вариант 6.

К туроператору поступают пакеты документов от турагентов на формирование туристических групп в среднем каждые  $45 \pm 10$  минут. Величина туристической группы является случайной и определяется следующим законом:

|             |     |      |      |     |
|-------------|-----|------|------|-----|
| Вероятность | 0.2 | 0.25 | 0.35 | 0.1 |
|-------------|-----|------|------|-----|

|                    |    |    |    |    |
|--------------------|----|----|----|----|
| Количество человек | 10 | 15 | 20 | 35 |
|--------------------|----|----|----|----|

Время, затрачиваемое на обработку документов по одному человеку составляет  $10 \pm 3$  минуты. После обработки документов по отдельным людям оператору требуется еще  $20 \pm 5$  минут на составление документов по группе в целом.

Определить минимально необходимое для работы количество операторов, если очередь на обработку не должна расти до бесконечности. Документы по одной группе целиком обрабатывает один работник.

#### Вариант 7.

К офис поступают пакеты документов в среднем каждые  $18 \pm 5$  минут. Количество документов в пакете является случайной величиной и определяется следующим законом:

|                    |     |      |      |     |
|--------------------|-----|------|------|-----|
| Вероятность        | 0.2 | 0.27 | 0.33 | 0.1 |
| Количество человек | 3   | 4    | 2    | 5   |

Первоначально работу по пакету в целом производит главный менеджер, на что ему требуется в среднем  $7 \pm 3$  минуты, после чего он распределяет документы по работникам офиса.

Время, затрачиваемое на обработку одного документа, составляет  $10 \pm 5$  минут. После обработки пакет снова собирается и менеджеру требуется еще  $10 \pm 5$  минут на обработку полученной информации и формирования выходного пакета.

Смоделировать работу офиса за 8-часовой рабочий день, определить места возможных образований очередей, если в офисе работает один главный менеджер и 3 обычных.

#### Вариант 8.

Проводятся соревнования по решению головоломок. В соревнованиях участвуют два человека. Им обоим одновременно выдается по пакету одинаковых заданий. Соревнование проходит в 7 этапов ( в пакете 7 задач). На каждом этапе тот участник, который решит задачу быстрее, получает очко. К очередному этапу участники приступают всегда одновременно. Время решения задачи на каждом этапе определяется следующим образом (мин):

|               | Зада-<br>ча 1 | Зада-<br>ча 2 | Зада-<br>ча 3 | Зада-<br>ча 4 | Зада-<br>ча 5 | Зада-<br>ча 6 | Зада-<br>ча 7 |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Участник<br>1 | $3 \pm 2$     | $6 \pm 3$     | $6 \pm 2.5$   | $3 \pm 1$     | $7 \pm 2$     | $5 \pm 1$     | $4 \pm 2$     |
| Участник<br>2 | $4 \pm 1.5$   | $5 \pm 2$     | $5.5 \pm 2$   | $5 \pm 2$     | $8 \pm 4$     | $6 \pm 2$     | $3.5 \pm 1$   |

Выигрывает тот участник, который в сумме набирает больше баллов.

Оценить вероятность выигрыша участника 1. Оценку получить на выборке, равной 100.

#### Вариант 9.

В цех поступают заготовки деталей партиями по 10 штук в среднем каждые  $40 \pm 7$  минут. В цеху работают мастер и ученик. Они одновременно берут по детали и начинают их обрабатывать. Мастер справляется с одной деталью за  $6 \pm 3$  минуты. Ученик, сверяясь с работой мастера, обрабатывает свою деталь за  $10 \pm 3$  минуты. Мастер не принимает за следующую деталь, пока ученик не закончит свою работу. Причем, примерно в 20% случаев мастеру приходится устранять мелкие неполадки после ученика, на что он затрачивает  $3 \pm 1$  минуты. Только после этого мастер и ученик одновременно приступают к обработке следующей детали.

Промоделировать работу цеха за 6 часов и определить, сколько времени мастер тратит на доработку деталей после ученика.

#### Вариант 10.

Два друга на спор взяли выполнять некоторую работу на скорость. Работа состоит из трех этапов, после каждого из которых арбитр (их третий друг) сравнивает выполненную работу и в 10% случаев признает работу одного из друзей (50% на 50%) некачественной, за что виновник наказывается штрафной минутой. К каждому очередному этапу друзья приступают одновременно, после вынесения решения арбитром. Арбитр тратит на каждое решение в среднем  $5 \pm 2$  минуты

|  |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|
|  | Этап 1 | Этап 2 | Этап 3 |
|--|--------|--------|--------|

|        |          |          |          |
|--------|----------|----------|----------|
| 1 друг | $6\pm 3$ | $7\pm 4$ | $8\pm 4$ |
| 2 друг | $7\pm 2$ | $6\pm 3$ | $9\pm 3$ |

Промоделировать ситуацию с подсчетом времени, которое каждый из друзей затратил на выполнение всех трех этапов.

#### Вариант 11.

На стадионе проводится соревнование по бегу. В наличии имеются две дорожки, на которые выставляется по два спортсмена одновременно. Время, затрачиваемое спортсменом на пробег, весьма различается, в зависимости от его возможностей. Будем считать, что в среднем это время равно 5 минут и подчиняется экспоненциальному закону распределения. Между забегами есть перерыв (отмечается результат, готовится следующая пара и т.п.) в среднем  $5\pm 2$  минуты.

После того, как пробегут все спортсмены, требуется еще примерно 10 минут на подведение итогов.

Промоделировать процесс и подсчитать общее время, которое займет все соревнование, если количество участников равно 50.

#### Вариант 12.

Между двумя деревнями, стоящими на разных берегах реки, курсирует паромная переправа. Она состоит из двух паромов, которые в силу технических условий отправляются от каждого берега и достигают противоположного всегда одновременно. Время переправы занимает в среднем  $20\pm 5$  минут. На каждом пароме помещаются до 10 человек.

К левому берегу люди подходят в среднем каждые  $4\pm 2$  минуты, к правому – каждые  $5\pm 3$  минуты. Время, затрачиваемое на посадку, составляет  $7\pm 3$  минуты.

Промоделировать работу переправы за 12 часов. Определить среднюю загрузку паромов и возможность образования очередей на каждом из берегов.

#### Вариант 13.

Две команды из четырех человек проводят соревнования по броскам нестандартными предметами. Каждая пара участников

начинает бросать одновременно. Задача – добросить предмет до отведенной черты. Если предмет не долетел, то участник доходит/добегает до предмета, берет его и снова бросает. Общее время броска (с учетом повторного кидания) следующее:

|           | Участник 1 | Участник 2 | Участник 3 | Участник 4 |
|-----------|------------|------------|------------|------------|
| Команда 1 | 4±2        | 6±3        | 8±2        | 5±3        |
| Команда 2 | 5±3        | 5±2        | 9±4        | 6±2        |

Очередная пара участников не может начать кидать, пока предыдущая пара не закончит свои броски. Команда, чей участник закончит первым, получает 1 очко.

Промоделировать соревнования и определить победителя по результатам всех четырех этапов.

#### Вариант 14.

Управление сложным производственным процессом производится с диспетчерского пункта, на котором работают три оператора. Работа операторов заключается в следующем: каждый из них анализирует информацию, получаемую с датчиков, принимает решение и вводит команду, которая передается управляющему устройству. Время, затрачиваемое на это, подчиняется экспоненциальному закону и равно в среднем для оператора 1 – 20 секунд, для оператора 2 – 24 секунды и для оператора 3 – 23 секунды. Управляющее устройство должно получить команду от всех трех операторов, и только после этого выполнить необходимые действия. Будем считать, что время, затрачиваемое управляющим устройством на выполнение полученных команд равно 1 секунде. Обновление информации на экранах операторов происходит только после завершения работы управляющим устройством.

Промоделировать работу диспетчерского пункта за 4 часа и определить для каждого оператора общее время вынужденного ожидания, связанного с задержкой работы другими операторами.

#### Вариант 15.

#### Вариант 16.

### 7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6. РАБОТА С ПОТОКА-

## МИ ДАННЫХ.

### ***Цель работы.***

Целью данной работы является получения навыков работы с файлами в рамках языка GPSS: создание и уничтожение файлов, запись данных в файл, чтение данных из файла.

### ***Методические указания.***

Рассматривается стохастическая система с поступающим на нее потоком заявок. Время прихода заявок и время обслуживания подчиняются экспоненциальному закону распределения. Среднее значение этих показателей хранится в файле “time\_data.txt”.

В указанный файл помещена матрица размерностью 18x2 средних значений времен: первый элемент каждой строки определяет среднее время прихода заявок в систему, второй элемент строки – среднее время обслуживания заявки каналом.

***Внимание:*** в файле каждый элемент матрицы записан в отдельной строке. Так, матрица вида

|   |   |
|---|---|
| 1 | 2 |
| 3 | 4 |
| 5 | 6 |

в файле записана так:

1  
2  
3  
4  
5  
6

***Помните!*** GPSS читает из файла ***текстовую строку!*** Для того, чтобы в дальнейшем использовать считанные данные необходимо преобразовать строку в число с помощью вычислительного оператора (VALUE(<СЧА>)).

Считанные данные можно записать в ячейки или в матрицу для дальнейшего использования их в блоках GENERATE и ADVANCE.

***Внимание!*** Значение вычислительного элемента должно быть определено ДО того, как начнет работать генератор прихо-

да заявок в систему. Чтобы выполнялось это условие, сделайте небольшую задержку начала работы генератора заявок (через параметр С).

После определения средних значений времен моделируется работа системы в обычной последовательности: пришедшие заявки поступают на один или несколько каналов обслуживания. Если все каналы обслуживания заняты, заявки занимают место в очереди (дисциплина очереди обычная – первым пришел, первым вышел). После обслуживания заявка покидает систему.

Необходимо промоделировать работу системы и записать в файл массив данных, которые определены в вашем варианте.

### ***Задание на моделирование.***

1. Время прихода и время обслуживания заявок взять из файла “time\_data.txt”. Номер строки матрицы определяется вашим вариантом. Данные читать с помощью GPSS.
2. Количество каналов в системе определяете самостоятельно исходя из условия: требуется, чтобы система была стационарна.
3. Записать в файл “variant<N>” массив данных, которые определены вашим вариантом.

### ***Варианты заданий.***

| <b>№ варианта</b> | <b>Данные для записи в файл</b>                                  |
|-------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1,10              | Время нахождения каждой заявки в очереди                         |
| 2,11              | Время нахождения каждой заявки в системе                         |
| 3,12              | Время обслуживания каждой заявки                                 |
| 4,13              | Каждые 10 единиц времени определять количество занятых каналов   |
| 5,14              | Каждые 5 единиц времени определять количество заявок в очереди   |
| 6,15              | Каждые 3 единицы времени определять количество свободных каналов |
| 7,16              | Каждые 3 единицы времени определять длину очереди                |
| 8,17              | Каждые 10 единиц времени определять количество свободных каналов |

|      |                                                           |
|------|-----------------------------------------------------------|
| 9,18 | Каждую единицу времени определять среднюю загрузку канала |
|------|-----------------------------------------------------------|

## 8. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7. РАБОТА СО СПИСКАМИ И ГРУППАМИ.

### *Цель работы.*

Целью данной работы является получение дополнительных навыков моделирования стохастических систем на языке GPSS.

### *Методические указания.*

Рассматривается работа стохастической системы. Необходимо построить ее модель с целью получения оценок характеристик процессов, протекающих в системе.

При моделировании необходимо использовать работу со списками и/или работу с группами языка.

Списки удобно использовать для организации нестандартного порядка очереди, либо в тех случаях, когда временно необходимо исключить транзакт из процесса.

Группы могут быть необходимы для определения некоторых нестандартных характеристик системы.

### *Задание на моделирование.*

- 1) построить модель стохастической системы на языке GPSS;
- 2) при моделировании использовать в обязательном порядке списки И/ИЛИ группы языка GPSS.
- 3) определить необходимые характеристики системы.

### *Варианты заданий.*

#### Вариант 1.

На вычислительный центр через  $300 \pm 100$  секунд поступают задания длиной  $500 \pm 200$  байт. Скорость ввода, вывода и обра-

ботки заданий 100 байт/мин. Задания проходят последовательно ввод, обработку и вывод, буферизуясь (скапливаясь в очереди) перед каждой операцией. После вывода 5% заданий оказываются выполненными неправильно вследствие сбоев и возвращаются на ввод. Для ускорения обработки задания в очередях располагаются по возрастанию их длины, т.е. короткие сообщения обслуживают в первую очередь (организовать через списки). Задания, выполненные неверно, возвращаются на ввод и во всех очередях обслуживаются первыми.

Смоделировать работу вычислительного центра в течение 30 ч. Определить необходимую емкость буферов и функцию распределения времени обслуживания заданий.

#### Вариант 2.

С интервалом времени  $5 \pm 2$  мин детали поштучно поступают к станку на обработку и до начала обработки хранятся в специальном коробе, который вмещает 10 деталей. Если короб заполнен, вновь поступающие детали отправляются к другим станкам. Рабочий берет на обработку верхнюю деталь из короба: т.е. первой на обработку попадает та деталь, которая пришла последней. Обработка деталей производится за  $8 \pm 5$  мин.

Смоделировать процесс обработки на станке 200 деталей. Подсчитать число деталей, поштучно переправленных к другому станку.

#### Вариант 3.

В фирму поступают заказы на выполнение работ в среднем каждые 10 минут. Обслуживанием заказа занимается специалист, время на выполнение заказа занимает в среднем 9 минут. Время поступления и обслуживания подчиняется экспоненциальному закону распределения. Стоимость заказа случайная величина, равномерно распределенная на интервале от 500 до 10000 рублей. В случае образования очереди в первую очередь обслуживаются более дорогие заказы.

Промоделировать работу фирмы в течении 10 часов и определить максимальное время ожидания выполнения заказа.

#### Вариант 4.

На обрабатывающий участок цеха поступают детали в среднем каждые 50 мин. Первичная обработка деталей производится на одном из двух станков (какой свободен). Первый станок обрабатывает деталь в среднем 40 мин, второй соответственно 60 мин. Если время обработки превысило на первом станке 60 минут, то деталь считается бракованной, аналогично, на втором станке это время составляет 80 минут. Все бракованные детали возвращаются на повторную обработку на второй станок. Повторная обработка занимает в среднем 10 минут, причем приоритет обработки зависит от времени: в первую очередь обрабатываются детали, на обработку которых требуется меньше времени. Все интервалы времени распределены по экспоненциальному закону.

Смоделировать обработку на участке 500 деталей. Определить количество бракованных изделий и минимальное время повторной обработки.

#### Вариант 5.

Небольшое турагентство из двух человек специализируется только по следующим странам: Турция, Таиланд, Египет (для любых клиентов) и Греция (только для групп не менее 3 человек). В агентство приходят посетители в среднем каждые  $20 \pm 10$  минут, клиенты желают ехать в следующие страны (с равной вероятностью):

|    |                |
|----|----------------|
| 1  | Испания        |
| 2  | Франция        |
| 3  | Греция         |
| 4  | Великобритания |
| 5  | Турция         |
| 6  | Египет         |
| 7  | Израиль        |
| 8  | Индия          |
| 9  | Таиланд        |
| 10 | Китай          |

Количество людей в группе распределяется следующим образом:

|                  |     |     |     |      |      |
|------------------|-----|-----|-----|------|------|
| Вероятность      | 0.6 | 0.2 | 0.1 | 0.05 | 0.05 |
| Количество людей | 2   | 1   | 3   | 4    | >4   |

Если посетитель желает посетить страну, которой турагентство не занимается, его направят в соседнее. С клиентом занимается работник, на что тратит в среднем 30 минут (время экспоненциальное). Стоимость путевки (с учетом страны, времени пребывания и количества человек) варьируется в интервале от 20 тыс.руб. до 300 тыс.руб. Будем считать эту величину равномерно распределенной на заданном интервале.

Промоделировать месяц работы турагентства и определить:

- 1) количество групп, поехавших в Грецию;
- 2) максимальную стоимость путевки за месяц.

Вариант 6.

Задания поступают в систему с интервалом времени  $60 \pm 30$  секунд и характеризуются временем работы процессора  $50 \pm 45$  секунд. Для ускорения прохождения «коротких» заданий на ЭВМ выбран пакетный режим работы с квантованием времени процессора. Пакет считается готовым к вводу в ЭВМ, если в нем содержится 5 заданий. Квантование времени определяется следующим образом: всем заданиям пакета по очереди предоставляется процессор на одинаковое время 10 с (круговой циклический алгоритм разделения времени). Если в течение этого времени заканчивается выполнение задания, оно покидает систему и освобождает процессор. Если же очередного кванта времени не хватает для завершения задания, оно помещается в конец очереди пакета. Последнее задание пакета выполняется без прерываний. Новый пакет вводится в ЭВМ после окончания обработки предыдущего.

Смоделировать процесс обработки 200 заданий. Для организации пакетов используйте списки. Определить максимальную длину очереди готовых к обработке пакетов и коэффициент загрузки ЭВМ.

Вариант 7.

Группа студентов из 20 человек за семестр выполняют по дисциплине 2 индивидуальных задания. Каждое задание максимум стоит 20 баллов. Будем считать, что количество баллов, по-

лучаемых студентом за первое задание, имеет равномерное распределение на интервале  $[0,20]$ . Количество баллов, получаемых студентом за второе задание, обычно коррелирует с первым следующим образом:

| Баллы за 1 задание | Баллы за 2 задание |
|--------------------|--------------------|
| <5                 | 5                  |
| от 5 до 10         | 12                 |
| от 11 до 15        | 17                 |
| > 15               | 20                 |

Промоделировать выполнение группой двух заданий с использованием групп GPSS и определить по результатам:

- 1) максимальное количество полученных баллов одним студентом;
- 2) количество студентов, получивших в сумме меньше 10 баллов;
- 3) количество студентов, получивших в сумме больше 35 баллов.

#### Вариант 8.

Товар поступает на склад из цеха в среднем каждые 15 минут (экспоненциальный закон распределения). Каждые  $45 \pm 10$  минут к складу подъезжает грузовик, который вмещает в себя 4 единицы товара. Если количество товара на складе меньше 4 единиц, грузовик ждет, пока не поступит требуемое количество товара. В силу организации склада, грузится всегда товар, который находится ближе к двери (стековый принцип очереди). Предприятие работает 8 часов в день.

Промоделировать месяц работы склада и определить: среднее время простоя грузовиков; максимальное время, проведенное товаром на складе.

#### Вариант 9.

Среди 20 претендентов производится отбор на вакантное рабочее место. Для этого проводится тестирование в несколько этапов. 1 этап: в результате выполнения теста испытуемые могут набрать от 0 до 30 баллов (равномерный закон). После первого

этапа те претенденты, которые набрали менее  $0.7 * <$  максимально набранное количество баллов $>$ , исключаются из списка.

2 этап: можно набрать до 35 баллов (тоже равномерный закон). Исключаются претенденты, которые набрали в сумме первых двух этапов менее 55 баллов.

Если после 1 или 2 этапа остался 1 претендент, испытания прекращаются. Если не осталось никого, то набирается новая группа претендентов и испытания начинаются заново.

3 этап: время на выполнение задание подчиняется экспоненциальному закону распределения и равно в среднем 15 минут. Лучшим является претендент с минимальным временем выполнения задания.

Промоделировать ситуацию и определить: сколько баллов на первых двух этапах получил победитель; сколько групп претендентов пришлось набирать.

#### Вариант 10.

Работает комиссия по приему заявок на выполнение некоторой работы. Комиссия состоит из двух человек, прием заявок ведется в течение первого дня. Заявки поступают в среднем каждые  $10 \pm 5$  минут. Обработка заявки занимает  $17 \pm 6$  минут. В результате обработки заявке может быть присвоен статус от 1 до 19 (случайная равномерно распределенная величина). На второй день проводится вторичная обработка поступивших заявок (по другим показателям). Причем в первую очередь обрабатываются заявки с более высоким статусом. Время вторичной обработки составляет  $20 \pm 8$  минут. Количество баллов на вторичной обработке составляет от 0 до 100 и не зависит от предыдущего статуса. выигрывает заявка с максимальным количеством баллов на вторичной обработке.

Определить, каков был первичный статус у выигравшей заявки. Успели ли все заявки быть обработаны на второй день, если время работы комиссии составляет 8 часов в день.

#### Вариант 11.

Заказы на выполнение редких работ поступают в фирму в среднем каждые 30 минут (время подчиняется экспоненциальному закону). Время на выполнение заказа является равномерно

распределенной величиной на интервале  $[10, 120]$  минут. В фирме работают 2 мастера и один подмастерье. Простые заказы, на выполнение которых требуется менее 15 минут, отдают подмастерью. В случае образования очереди мастер в первую очередь выполняет более сложные заказы – на которые требуется больше времени.

Промоделировать работу фирмы в течение месяца (при 8-часовом рабочем дне) и определить, будут ли справляться 2 мастера с предложенной работой. Сколько времени максимально проведет заказ в ожидании и сколько времени на выполнение требуется для этого заказа.

#### Вариант 12.

На предприятии функционируют три цеха. Периодически в каждом цехе возникает потребность в перевозке груза, в этом случае в диспетчерский пункт из цеха поступает заявка на грузовик. Грузовик единственный, для удобства работы диспетчер выбирает заявки на перевозку по очереди от каждого цеха: сначала 1 цех, затем 2-й, 3-й, снова 1-й и т.д. Если на момент освобождения грузовика от очередного цеха нет заявки, рассматривается заявка от следующего цеха. Время, затрачиваемое диспетчером на рассмотрение одной заявки, равно  $3 \pm 1$  минуте. Заявки от каждого цеха поступают в среднем каждые  $80 \pm 25$  минут. Грузовик выполняет заявку в среднем  $25 \pm 10$  минут.

Промоделировать работу предприятия в течение недели, если оно работает круглосуточно. Определить, сколько заявок на перевозку за это время поступало от каждого цеха.

#### Вариант 13.

Покупатели приходят в супермаркет в среднем каждые 3 минуты. Время, затрачиваемое на осмотр и отбор товара, составляет примерно 5 минут. В магазине работает 2 кассы, время обслуживания покупателей равно в среднем 2 минуты. Все временные характеристики подчиняются экспоненциальному закону распределения. Стоимость покупки величина, распределенная равномерно на интервале  $[100, 3000]$  рублей.

Промоделировать работу магазина в течение 12-часового рабочего дня. Определить, каким по счету был покупатель, про-

ведший максимальное время в магазине, и на какую сумму совершил покупку.

#### Вариант 14.

Между двумя берегами реки курсирует грузовой паром, емкостью 20 машин. Машины подъезжают к берегу в среднем каждые 7+3 минуты, погрузка машины занимает в среднем 2+1 минуту. Паром отчаливает только в случае полной загрузки. Сама переправа занимает 1 час. На другом берегу машины начинают выгружаться в обратном порядке – первой на берег съезжает машина, заехавшая на паром последней. Выгрузка машины занимает 2+1 минуту.

Определить, сколько в среднем тратится времени на переправу машиной, которая заезжает на паром первой.

## 10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Салмина Н.Ю. Моделирование систем: Учебное пособие. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2003. – 197 с.

2. Салмина Н.Ю. Язык моделирования GPSS: Учебное пособие к курсу «Моделирование систем». – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2006.

3. Кузин Л.Т. Основы кибернетики: В 2-х т. – М.: Энергия, 1980.

4. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 1998.

5. Корилов А.М. Математические методы планирования эксперимента. – Томск: Изд-во Томск. гос. Ун-та, 1973.

6. Решетников М.Т. Планирование эксперимента и статистическая обработка данных. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2000.

7. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания – М.: Высш. шк., 1987.