

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

Кафедра автоматизации обработки информации

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой АОИ
_____ Ю.П. Ехлаков
«__» _____ 2017 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ
Методические указания к практическим занятиям
и самостоятельной работе
для студентов-заочников направления 09.04.04
«Программная инженерия»

Разработчик:
к.т.н., доцент каф. АОИ
_____ Н.Ю. Салмина

2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Практическое занятие 1 Моделирование случайных воздействий на исследуемую систему. Формализация и алгоритмизация процессов функционирования систем случайных воздействий на исследуемую систему	4
2. Практическое занятие 2 Моделирование на GPSS: обслуживание разнотипных заявок.....	13
3. Методические указания к самостоятельной работе	23
4. Рекомендуемая литература.	25

ВВЕДЕНИЕ

Цель дисциплины – ознакомление студентов с основными этапами построения моделей на ЭВМ, вопросами статистического моделирования и планирования эксперимента; 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 два семестра и включает в себя: теоретический раздел (изучение теоретического материала); практический раздел (выполнение лабораторных, практических и контрольных работ); итоговый контроль результата изучения дисциплины. Данное пособие содержит в себе методические указания и варианты заданий для практических работ, а также методические указания к выполнению самостоятельной работы. В качестве итогового контроля изучения дисциплины является Экзамен.

Для допуска к сдаче экзамена необходимо выполнить все практические задания. Студент может получить оценку по экзамену автоматом (хорошо или отлично) в случае, если он набирает необходимое количество баллов по рейтингу. В случае, если студент не набирает необходимое количество баллов по рейтингу, экзамен сдается при наличии допуска.

1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ИССЛЕДУЕМУЮ СИСТЕМУ

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 ± 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 со-

стояние из S_0 и из этого состояния в очередное S_2 система 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.

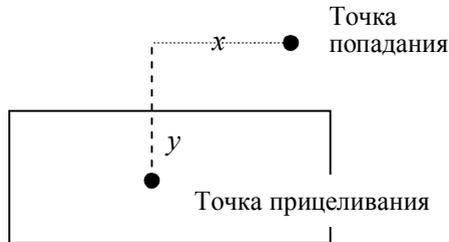
Рассматривается процесс обработки детали на токарном станке. Вероятность появления брака при обработке равна 0.1. В начале работы проверке подвергается каждая третья деталь. Если число бракованных деталей достигает 20, то в дальнейшем проверке подвергается каждая деталь, обработанная на станке. Если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

ту на станке прекращают. Поток поступления деталей на обработку подчинен закону Пуассона с интенсивностью 2 детали в минуту.

Определить среднее время наработки станка до остановки.

Вариант 5.

Про моделировать поведение истребителя-бомбардировщика, посланного атаковать промышленное предприятие ракетами. Размеры предприятия 60×150 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 оста-

ется 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, вероятность 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 ± 2 секунды из пункта А в пункт Х и 6 ± 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 вероятно-

сти 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 ± 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 ± 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 ± 6 секунд, а для второго – 20 ± 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 пере-

зарядку требуется время, которое равно в среднем для каждого $5+2$ секунды.

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

2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ НА GPSS: ОБСЛУЖИВАНИЕ РАЗНОТИПНЫХ ЗАЯВОК

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 работы. 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 ко-

личестве 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 ± 0.5) дня и (2 ± 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 ± 1) день для скоропортящихся продуктов и $(1 + 0.5)$ 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 ± 10) минут. Время вылета самолетов из аэропорта распределено равномерно в интервале (30 ± 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 ± 5) дней и (5 ± 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 ± 10) минут, (30 ± 10) минут и (35 ± 15) минут. Парикмахер тратит на стрижку (30 ± 10) минут, а на химию – (50 ± 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 ± 2) минуты, (3 ± 1.6) минуты и (7 ± 4.5) минуты. Для поиска соответствующей детали кладовщику требуется (4.4 ± 3) минуты, (2 ± 1) минута и (5.2 ± 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 ± 3) минуты, (5 ± 2) минуты и (0.5 ± 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 ± 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 составляют 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 ± 25) минут. Среднее время пребывания судов в порту, занятое

под разгрузку/погрузку, составляет (1.5 ± 0.5) суток. Затем суда выходят из порта через те же каналы. Среднее время прохождения судна через канал равно (1.5 ± 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 ± 0.5) часа и (5 ± 1.5) часа. Мастер затрачивает на ремонт телевизора в среднем, соответственно, (1 ± 0.5) часа и (5 ± 3) часа. Кроме того, для ремонта на дому мастер затрачивает время на дорогу в среднем (1 ± 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 ± 5) секунд и (40 ± 5) секунд для вывода на печать. Второй тип заданий требует соответственно (140 ± 50) секунд и (30 ± 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 ± 5) минут. Время обслуживания (выполнения заказа) посетителей первого типа составляет (15 ± 5) минут, второго типа – (25 ± 10) минут. Время, затрачиваемое клиентами на обед, распределено равномерно в интервале (45 ± 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 ремонт сломанной швейной машины уходит (7 ± 3) часа, на ремонт оверлока – (6 ± 3) часа. При эксплуатации в производстве время наработки до отказа распределено равномерно и составляет (157 ± 25) часов для швейной машины и (180 ± 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 ± 1.5) часа. Заявки на ремонт на дому выполняются мастером в течение (2.8 ± 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 ± 2) минуты и (2 ± 1) минуту. Рабочий на конвейере выполняет сборку изделия первого типа за (9 ± 2) минуты и второго типа – за (5 ± 2) минуты, после чего изделия поступают к контроллеру ОТК. Контроллер тестирует изделие первого типа в течение (2 ± 0.5) минут и второго типа – (1.5 ± 0.5) минут. Десять процентов изделий контроллер отбраковывает и снова направляет в цех на доработку. 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 остальная 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 ± 5) минут, второго типа –

(40 ± 20) минут. На заправку автомобиля работник затрачивает (10 ± 5) минут, а на мойку – (25 ± 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.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

3.1. Цели самостоятельной работы

Цель самостоятельной работы по дисциплине – проработка лекционного материала, самостоятельное изучение некоторых разделов курса, подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям, опросам на лекциях и контрольным работам.

3.2. Содержание самостоятельной работы

3.2.1. Проработка лекционного материала

Содержание

Основные понятия теории моделирования сложных систем Имитационное моделирование систем - цели и задачи. Понятие модели. Функции моделей и основные случаи их применения. Классификация моделей. Требования к моделям. Постановка задачи моделирования, определение типа модели. Этапы моделирования.

Общая характеристика метода статистического моделирования и области его применения.

Моделирование случайных воздействий на моделируемую систему. Методы моделирования дискретных и непрерывных случайных величин. Идентификация закона распределения.

Языки имитационного моделирования, их преимущества перед языками общего назначения для задачи моделирования систем.

Моделирование на языке GPSS. Основные группы элементов языка. Входной формат программы. Создание и уничтожение транзактов.

Работа с устройствами, задержка сообщений, очереди. Функции. Изменение маршрутов сообщения. Работа с па-

мятью. Стандартные числовые атрибуты языка. Вычислительные объекты языка.

Изменение параметров сообщения. Приоритеты. Статистические таблицы. Прерывания. Циклы.

Логические переключатели.

Работа с потоками данных.

Синхронизация транзактов. Работа с группами. Организация списков. Работа с потоками данных

3.2.2. Темы для самостоятельной проработки

Каждый студент должен самостоятельно изучить следующие темы, вопросы по которым будут включаться в экзаменационные билеты.

- 1) идентификация закона распределения.
- 2) обслуживание транзактов по приоритету: прерывание работы устройств
- 3) внутренняя организация GPSS

4. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Салмина, Н. Ю. Имитационное моделирование: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Салмина Н. Ю. — Томск: ТУ-СУР, 2015. — 118 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5200>.
2. Салмина Н.Ю. Моделирование систем: Учебное пособие. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2003. – 197 с.
3. Салмина Н.Ю. Язык моделирования GPSS: Учебное пособие к курсу «Моделирование систем». – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2006.
4. Кузин Л.Т. Основы кибернетики: В 2-х т. – М.: Энергия, 1980.
5. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 1998.
6. Кориков А.М. Математические методы планирования эксперимента. – Томск: Изд-во Томск. гос. Ун-та, 1973.
7. Решетников М.Т. Планирование эксперимента и статистическая обработка данных. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2000.
8. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания – М.: Высш. шк., 1987.