

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 16.03.2024 09:05:08

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e945df4a4851fda56d089

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»

Кафедра космического приборостроения и систем связи



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ. МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАГРУЖЕННОСТИ ЛИНИЙ СВЯЗИ

Методические указания по выполнению лабораторных работ
для студентов, обучающихся по направлению подготовки
11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»
по курсу «Методы прогнозирования загруженности линий связи»

Курск 2024

УДК 004.7

Составитель: А. В. Хмелевская

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры *И.Г. Бабанин*

Лабораторный практикум. Методы прогнозирования загруженности линий связи: методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по курсу «Методы прогнозирования загруженности линий связи» / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост.: А.В. Хмелевская. – Курск, 2024. – 45 с.

Методические указания содержат сведения о технике безопасности на рабочем месте, порядке выполнения лабораторных работ, рекомендации по подготовке, оформлению и защите лабораторных работ, а также критерии оценивания защиты отчета.

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 16.05.2024. Формат 60×84 1/16.

Усл. печ. л. 2,42. Уч.- изд. л. 2,37. Тираж 100 экз. Заказ 381. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

СОДЕРЖАНИЕ

Инструкция по технике безопасности

Лабораторная работа №1 «Изучение свойств и характеристик Пуассоновского потока»

Лабораторная работа №2 «Суммирование случайных потоков»

Лабораторная работа №3 «Исследование системы массового обслуживания с отказами»

Лабораторная работа №4 «Моделирование процесса обслуживания применительно к СМО с отказами»

Лабораторная работа №5 «Исследование многоканальной СМО с ожиданием»

Лабораторная работа №6 «Моделирование реального процесса обслуживания СМО с неограниченной очередью»

Форма отчета обучающегося о выполняемой лабораторной работе

Шкала оценивания и критерии оценивания выполненной лабораторной работы

Заключение

ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Общие положения

Настоящая инструкция предназначена для студентов и работников, выполняющих работы на персональном компьютере и на сетевом оборудовании (коммутаторы, маршрутизаторы, межсетевые экраны и т.д.).

К выполнению работ допускаются лица:

- не моложе 16 лет;
- прошедшие медицинский осмотр;
- прошедшие вводный инструктаж по охране труда, а также инструктаж по охране труда на рабочем месте;
- прошедшие обучение безопасным приемам труда на рабочем месте по выполняемой работе.

Работник обязан:

- выполнять правила внутреннего трудового распорядка, установленные в положениях и инструкциях, утвержденных ректором ЮЗГУ, или его заместителями;
- выполнять требования настоящей инструкции;
- сообщать руководителю работ о неисправностях, при которых невозможно безопасное производство работ;
- не допускать присутствия на рабочем месте посторонних лиц;
- уметь оказывать первую помощь и при необходимости оказывать ее пострадавшим при несчастных случаях на производстве, по возможности сохранив обстановку на месте происшествия без изменения и сообщив о случившемся руководителю;
- выполнять требования противопожарной безопасности не разводите открытый огонь без специального на то разрешения руководителя работ;
- периодически проходить медицинский осмотр в сроки, предусмотренные для данной профессии.

Работник должен знать опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на данном рабочем месте:

- возможность травмирования электрическим током при отсутствии или неисправности заземляющих устройств;
- вредное воздействие монитора компьютера при его неправильной установке или неисправности;

- возможность возникновения заболеваний при неправильном расположении монитора, клавиатуры, стула и стола;

- вредное воздействие паров, газов и аэрозолей выделяющихся при работе копировальной и печатающей оргтехники в непроветриваемых помещениях.

Работник при выполнении любой работы должен обладать здоровым чувством опасности и руководствоваться здравым смыслом. При отсутствии данных качеств он к самостоятельной работе не допускается.

Требования охраны труда перед началом работы

Перед началом работы работник обязан:

- получить от руководителя работ инструктаж о безопасных методах, приемах и последовательности выполнения производственного задания;

- привести в порядок одежду, застегнуть на все пуговицы, чтобы не было свисающих концов, уложить волосы, чтобы они не закрывали лицо и глаза;

- привести рабочее место в безопасное состояние;

- запрещается носить обувь на чрезмерно высоких каблуках;

Перед включением компьютера или сетевого оборудования убедиться в исправности электрических проводов, штепсельных вилок и розеток. Вилки и розетки должны соответствовать Евростандарту. Отличительной особенностью этих вилок и розеток является наличие третьего провода, обеспечивающего заземление компьютера или другого прибора. При отсутствии третьего заземляющего провода заземление должно быть выполнено обычным способом с применением заземляющего проводника и контура заземления;

Убедиться, что корпус включаемого оборудования не поврежден, что на нем не находятся предметы, бумага и т.п. Вентиляционные отверстия в корпусе включаемого оборудования не должны быть закрыты занавесками, завалены бумагой, заклеены липкой лентой или перекрыты каким-либо другим способом.

Требования охраны труда во время работы

Запрещается во время работы пить какие-либо напитки, принимать пищу;

Запрещается ставить на рабочий стол любые жидкости в любой таре (упаковке или в чашках);

Помещения для эксплуатации компьютеров, сетевого оборудования должны иметь естественное и искусственное освещение, естественную вентиляцию и соответствовать требованиям действующих норм и правил. Запрещается размещать рабочие места вблизи силовых электрических кабелей и вводов трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе и отрицательно влияющие на здоровье операторов;

Окна в помещениях, где установлены компьютеры должны быть ориентированы на север и северо-восток. Оконные проемы оборудуются регулируемыми устройствами типа жалюзи или занавесками;

Площадь на одно рабочее место пользователей компьютера должна составлять не менее 6 м^2 при рядном и центральном расположении, при расположении по периметру помещения – 4 м^2 . При использовании компьютера без вспомогательных устройств (принтер, сканер и т.п.) с продолжительностью работы менее четырех часов в день допускается минимальная площадь на одно рабочее место 5 м^2 ;

Полимерные материалы, используемые для внутренней отделки интерьера помещений с ПК должны подвергаться санитарно-эпидемиологической экспертизе. Поверхность пола должна обладать антистатическими свойствами, быть ровной. В помещениях ежедневно проводится влажная уборка. Запрещается использование удлинителей, фильтров, тройников и т.п., не имеющих специальных заземляющих контактов;

Экран видеомонитора должен находиться от глаз оператора на расстоянии 600-700 мм, минимально допустимое расстояние 500 мм;

Продолжительность непрерывной работы с ПК должна быть не более 2 часов.

Требования охраны труда по окончании работы

По окончании работы работник обязан выполнить следующее:

- привести в порядок рабочее место;
- убрать инструмент и приспособления в специально отведенные для него места хранения;
- обо всех замеченных неисправностях и отклонениях от нормального состояния сообщить руководителю работ;

- привести рабочее место в соответствие с требованиями пожарной безопасности.

Действие при аварии, пожаре, травме

В случае возникновения аварии или ситуации, в которой возможно возникновение аварии немедленно прекратить работу, предпринять меры к собственной безопасности и безопасности других рабочих, сообщить о случившемся руководителю работ.

В случае возникновения пожара немедленно прекратить работу, сообщить в пожарную часть по телефону 01, своему руководителю работ и приступить к тушению огня имеющимися средствами.

В случае получения травмы обратиться в медпункт, сохранить по возможности место травмирования в том состоянии, в котором оно было на момент травмирования, доложить своему руководителю работ лично или через товарищей по работе.

Ответственность за нарушение инструкции

Каждый работник ЮЗГУ в зависимости от тяжести последствий несет дисциплинарную, административную или уголовную ответственность за несоблюдение настоящей инструкции, а также прочих положений и инструкций, утвержденных ректором ЮЗГУ или его заместителями.

Руководители подразделений, заведующий кафедрой, начальники отделов и служб несут ответственность за действия своих подчиненных, которые привели или могли привести к авариям и травмам согласно действующему в РФ законодательству в зависимости от тяжести последствий в дисциплинарном, административном или уголовном порядке.

Администрация ЮЗГУ вправе взыскать с виновных убытки, понесенные предприятием в результате ликвидации аварии, при возмещении ущерба работникам по временной или постоянной утрате трудоспособности в соответствии с действующим законодательством.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 «ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ И ХАРАКТЕРИСТИК ПУАССОНОВСКОГО ПОТОКА»

Цель занятия: изучение свойств и характеристик пуассоновского (простейшего) потока. Сравнение теоретических и модельных значений полученных характеристик.

Задачи занятия:

- 1) Сгенерировать случайные равномерно распределённые числа;
- 2) Вычислить количество требований в единицу времени;
- 3) По формуле $z_i = -\frac{1}{\lambda} \ln(r_i)$, получить z_i для промежутков между требованиями;
- 4) На промежутке времени получить последовательность моментов поступления требований;
- 5) Провести статистическую обработку полученных результатов, для этого разделить заданный интервал на 25 равных промежутков длиной;
- 6) Определить модельное значение параметра потока;
- 7) Для заданного (λ) и модельного значения ($\bar{\lambda}$) определить: вероятность отсутствия требования за промежуток времени; вероятность поступления одного требования; вероятность поступления четырёх требований; Вероятность поступления не менее пяти требований; вероятность поступления менее трёх требований; вероятность поступления не более семи требований; Вероятность, что промежуток между требованиями равен z_k .
- 8) Составить отчет о выполненной работе, зафиксировав в нем производимые вами действия.

Планируемые результаты обучения:

- формирование знаний о свойствах и характеристиках пуассоновского (простейшего) потока;
- формирование умений в анализе и сравнении теоретических и модельных значений полученных характеристик.

Материально-техническое оборудование и материалы:

- 1) Персональный компьютер с операционной системой Windows;

- 2) Табличный редактор Microsoft Excel.

План проведения лабораторного занятия

Лабораторному занятию предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:

- 1) Козликин, В.И. Теория массового обслуживания [Текст] : учебное пособие / В. И. Козликин, Л. П. Кузнецова ; Минобрнауки России, Юго-Западный государственный университет. - Курск : ЮЗГУ, 2013. - 143 с.

- 2) Кирпичников, А. П. Методы прикладной теории массового обслуживания [Текст] / А. П. Кирпичников. - Казань : Казанский университет, 2011. - 200 с.

- 3) Теория вероятностей [Текст] : учебное пособие : [для студентов техн. и экон. спец. дневной, заочной и дистан. форм обучения] / Е. В. Журавлева [и др.] ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2015. - 175 с.

- 4) Крылов, В.В. Теория телетрафика и ее приложения [Текст] : учебное пособие / В. В. Крылов, С. С. Самохвалова. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 288 с.

- 5) Вентцель, Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология [Текст] : учебное пособие / Е. С. Вентцель. - М. : Высшая школа, 2001. - 208 с.

Краткая теоретическая справка для самостоятельной подготовки к лабораторному занятию:

Простейший поток обладает следующими свойствами: стационарность, ординарность и отсутствие последствия.

Свойство стационарности означает, что с течением времени вероятностные характеристики потока не меняются. Поток можно назвать стационарным, если для любого числа k требований, поступивших за промежуток времени длиной Δt , вероятность поступления требований зависит только от величины промежутка и не зависит от его расположения на оси времени (1).

$$P_k(t + \Delta t) = P_k(t) + P_k(\Delta t), \quad (1)$$

где $P_k(t)$ – вероятность поступления k требований.

Свойство ординарности означает практическую невозможность группового поступления требований. Поэтому поток требований можно назвать ординарным тогда, когда вероятность поступления двух или более требований за любой бесконечно малый промежуток времени Δt есть величина бесконечно малая, более высокого порядка, чем Δt , т.е.

$$P_{i \geq 2}(\Delta t) = o(\Delta t). \quad (2)$$

Свойство отсутствия последействия означает независимость вероятностных характеристик потока от предыдущих событий. Иными словами, вероятность поступления k требований в промежуток $[t_1, t_2]$ зависит от числа, времени поступления и длительности обслуживания требований до момента t_1 . Для случайного потока без последействия условная вероятность поступления требований в промежутке $[t_1, t_2]$, вычисленная при любых предположениях о течении процесса обслуживания требований до момента t_1 , равна безусловной

$$P_i([t_1, t_2]) = P_i([t_1, t_2]) \quad (3)$$

К основным характеристикам случайного потока относят ведущую функцию, параметр и интенсивность. Ведущая функция случайного потока $\bar{x}(0, t)$ есть математическое ожидание числа требований в промежутке $[0, t)$. Функция $\bar{x}(0, t)$ – неотрицательная, неубывающая, в практических задачах теории распределения информации непрерывна и принимает только конечные значения.

Параметр потока $\lambda(t)$ в момент времени t есть предел отношения вероятности поступления не менее одного требования в промежутке $[t, t + \Delta t]$ к величине этого промежутка Δt при $\Delta t \rightarrow 0$

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{k \geq 1}(t, t + \Delta t)}{\Delta t}. \quad (4)$$

Параметр потока определяет плотность вероятности наступления вызывающего момента в момент t . Определение параметра равносильно предположению, что вероятность поступления хотя бы одного требования в промежутке $[t, t + \Delta t]$ с точностью до бесконечно малой величины пропорциональна промежутку и параметру потока $\lambda(t)$:

$$P_{k \geq 1}(t, t + \Delta t) = \lambda(t)\Delta t + o(\Delta t). \quad (5)$$

Для стационарных потоков вероятность поступления требований не зависит от времени, т. е., $P_{k \geq 1}(t, t + \Delta t) = P_{k \geq 1}(\Delta t)$, поэтому параметр стационарного потока постоянен.

Соответственно получаем:

$$P_{k \geq 1}(\Delta t) = \lambda\Delta t + o(\Delta t). \quad (6)$$

Интенсивность стационарного потока μ есть математическое ожидание числа требований в единицу времени.

Если интенсивность характеризует поток требований, то параметр - поток вызывающих моментов. Поэтому всегда $\mu(t) \geq \lambda(t)$, а равенство имеет место только для ординарных потоков, когда в каждый вызывающий момент поступает только одно требование.

Примерные вопросы к собеседованию, к защите отчета по выполненной лабораторной работы:

- 1) По каким свойствам классифицируются случайные потоки?
- 2) Дать определение свойствам: стационарность; ординарность; отсутствие последствия.
- 3) Дать определения числовым характеристикам случайных потоков: параметр потока λ ; интенсивность потока μ ; ведущая функция потока.

Алгоритм проведения эксперимента:

В случае использования персонального компьютера с операционной системой Windows.

- 1) Сгенерировать случайные равномерно распределённые числа $r_i(0,1)$.

2) Вычислить $\lambda = 10 \cdot m / N_n$ (треб/мин); где N_n – номер студента по журналу, m – номер группы (пример: для группы ИТ-21 $m = 2 + 1 = 3$).

3) По формуле $Z_i = -\frac{1}{\lambda} \ln(r_i)$, где $i = 1, 2, \dots$, получить Z_i для промежутков между требованиями.

4) На промежутке $[T_1, T_2]$, $T_1 = N + 1$, $T_2 = N + 5$ мин., получить последовательность t_k моментов поступления требований, где $t_k = T_1 + \sum_{i=1}^k Z_i$ до тех пор, пока $t_k \leq T_2$. Полученные результаты занести в таблицу 1.

Таблица 1.1 – Результаты полученные в ходе выполнения работы

r_i	Z_i	t_k
r_1	z_1	t_1
r_2	z_2	t_2
.	.	.

5) Провести статистическую обработку полученных результатов, для этого разделить заданный интервал на 25 равных промежутков длиной

$$\tau = \frac{T_2 - T_1}{25} \text{ (мин).}$$

Для каждого промежутка определить $x(\tau)$ – количество требований, попавших в промежуток длиной τ , занести в таблицу 2.

Таблица 1.2 – Количество требований попавших в промежуток длиной τ

№ интервала	1	2	...	25
$X_N(\tau)$				

Из таблицы 2 определить параметры статистического распределения случайной величины и занести их в таблицу 3.

Таблица 1.3 – Параметры статистического распределения случайной величины

$X_k(\tau)$	0	1	2	...	k
n_k	n_1	n_2	n_3	...	k

$\sum n_k = N$, где n_k – количество интервалов, в которое попало k требований.

б) Определить модельное значение параметра потока:

$$a = \bar{x}(\tau) = \frac{1}{N} \sum_k x_k(\tau) n_k$$

– мат. ожидание числа требований в k

интервале, отсюда следует $a = \bar{\lambda}\tau \Rightarrow \bar{\lambda} = \frac{a}{\tau}$.

7) Для заданного (λ) и модельного значения ($\bar{\lambda}$) определить:

а) Вероятность отсутствия требования $P_0(t)$ за промежуток $t = T_2 - T_1$.

б) Вероятность поступления одного требования $P_1(t)$.

в) Вероятность поступления четырёх требований $P_4(t)$.

г) Вероятность поступления не менее пяти требований $P_{\geq 5}(t) = 1 - (P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4)$.

д) Вероятность поступления менее трёх требований $P_{< 3}(t) = P_0 + P_1 + P_2$.

е) Вероятность поступления не более семи требований $P_{\leq 7}(t) = P_0 + \dots + P_7$.

ж) Вероятность, что промежуток между требованиями z_k $P[0,1 < z_k < 0,5] = F(0,5) - F(0,1)$.

Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:

Представить исходные данные для моделирования, результаты моделирования (таблицы 1, 2, 3 с пояснениями), результаты расчётов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 «СУММИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ПОТОКОВ»

Цель занятия: исследование суммы двух простейших потоков и определение характеристик результирующего потока.

Задачи занятия:

- 1) Промоделировать два простейших потока;
- 2) Получить суммарный поток;
- 3) Используя методику п. 4 (подпункта 7) лабораторной работы по Теории телетрафика №1 получить $\lambda_{\text{сум}}$ модельное для суммарного потока $x(n)$.
- 4) Сравнить полученное значение $\lambda_{\text{сум}}$ и $\lambda_1 + \lambda_2$.
- 5) Рассчитать оценки дисперсии и математического ожидания случайной величины $x(\tau)$ – количество вызовов суммарного потока, попавших в интервал τ .
- 6) Составить отчет о выполненной работе, зафиксировав в нем производимые вами действия.

Планируемые результаты обучения:

- формирование умений в моделировании простейших потоков;
- формирование умений в расчётах и анализе характеристик;
- формирование знаний о простейших потоках.

Материально-техническое оборудование и материалы:

- 1) Персональный компьютер с операционной системой Windows;
- 2) Табличный редактор Microsoft Excel.

План проведения лабораторного занятия

Лабораторному занятию предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:

- 1) Козликин, В.И. Теория массового обслуживания

[Текст] : учебное пособие / В. И. Козликин, Л. П. Кузнецова ; Минобрнауки России, Юго-Западный государственный университет. - Курск : ЮЗГУ, 2013. - 143 с.

2) Кирпичников, А. П. Методы прикладной теории массового обслуживания [Текст] / А. П. Кирпичников. - Казань : Казанский университет, 2011. - 200 с.

3) Теория вероятностей [Текст] : учебное пособие : [для студентов техн. и экон. спец. дневной, заочной и дистан. форм обучения] / Е. В. Журавлева [и др.] ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2015. - 175 с.

4) Крылов, В.В. Теория телетрафика и ее приложения [Текст] : учебное пособие / В. В. Крылов, С. С. Самохвалова. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 288 с.

5) Вентцель, Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология [Текст] : учебное пособие / Е. С. Вентцель. - М. : Высшая школа, 2001. - 208 с.

Краткая теоретическая справка для самостоятельной подготовки к лабораторному занятию:

При объединении нескольких независимых простейших потоков образуется простейший поток с параметром, равным сумме параметров исходных потоков. При разъединении поступающего простейшего потока с параметром λ на n направлений так, что каждое требование исходного потока с вероятностью P_i ($\sum_{i=1}^n P_i = 1$) поступает на i -е направление, поток i -го направления также будет простейшим с параметром λP_i . Эти свойства простейшего потока широко используются на практике, поскольку значительно упрощают расчёты стационарного оборудования и информационных сетей.

В простейшем потоке промежутки z между соседними требованиями распределены по показательному (экспоненциальному) закону с параметром λ $p(t) = e^{-\lambda t}$.

Определим математическое ожидание, дисперсию и среднее квадратическое отклонение промежутка z :

$$M_z = \int_0^{\infty} t p(t) dt = \int_0^{\infty} t \lambda e^{-\lambda t} dt = 1/\lambda; \quad (1)$$

$$D_z = \int_0^{\infty} t^2 p(t) dt - M^2_z = \int_0^{\infty} t^2 \lambda e^{-\lambda t} dt - 1/\lambda^2 = 1/\lambda^2; \quad (2)$$

$$\sigma_z = \sqrt{D_z} = 1/\lambda. \quad (3)$$

Полученное совпадение величин M_z и σ_z характерно для показательного распределения. Это свойство на практике используют как критерий для первоначальной проверки соответствия гипотезы о показательном распределении полученным статистическим данным.

Другой способ проверки основывается на том, что количество требований простейшего потока, попавших в интервал времени t , описывается распределением Пуассона:

$$P_i(t) = \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t}. \quad (4)$$

Определим математическое ожидание M_i и дисперсию D_i числа требований за промежуток t :

$$M_i = \sum_{i=1}^{\infty} iP_i(t) = e^{-\lambda t} \sum_{i=1}^{\infty} (\lambda t)^i / i! = \lambda t e^{-\lambda t} \sum_{r=0}^{\infty} (\lambda t)^r / r! = \lambda t; \quad (5)$$

$$D_i = \sum_{i=1}^{\infty} i^2 P_i(t) - M^2_i = e^{-\lambda t} \sum_{i=1}^{\infty} i^2 (\lambda t)^i / i! - (\lambda t)^2 = \lambda t. \quad (6)$$

Совпадение математического ожидания и дисперсии числа требований за промежуток t означает соответствие реального потока простейшему. Допустим, для некоторого реального потока получен ряд чисел x_1, x_2, \dots, x_n , характеризующий число требований, поступающих в n промежутков длиной t . Обычно принимают $t = 15$ мин. Рассчитываются среднее значение и несмещенная оценка дисперсии величины x :

$$\bar{x} = \sum_{j=1}^n x_j / n; \quad D_x = \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2 / (n-1). \quad (7)$$

В зависимости от степени совпадения величин \bar{x} и D_x делается вывод о приемлемости модели простейшего потока.

Примерные вопросы к собеседованию, к защите отчета по выполненной лабораторной работе:

- 1) Какой поток образуется при объединении n простейших потоков?
- 2) Чему равны параметры потоков, образовавшихся при разьединении простейшего потока?
- 3) Какой способ проверки соответствия реального потока простейшему, используют:
 - а) если измерены промежутки между требованиями потока;
 - б)если подсчитано число требований, попавших в промежутки равной длины.

Алгоритм проведения эксперимента:

1) Используя методику пункта 4 (подпунктов 1-6) лабораторной работы по Теории телетрафика №1, промоделировать два простейших потока с $\lambda = 9 \frac{m}{N_n}$ и $\lambda = 13 \frac{m}{N_n}$, где Nn – номер студента по журналу, m -номер группы (пример: для группы ИТ-21 $m = 2+1=3$). Полученные данные занести в таблицу 1.

Таблица 2.1 – результаты моделирования простейших потоков

№ интервала	I	...	N
$x_1(\tau)$			
$x_2(\tau)$			
$x_3(\tau)$			

- 2) Получить суммарный поток, складывая $x(\tau)$ соответствующих интервалов. Построить графики $x_1(n)$, $x_2(n)$, $x(n)$, где n – номер интервала, $x_1, 2, x$ - количество вызовов, попавших в интервал для I, II и суммарного потока соответственно.
- 3) Используя методику п. 4 (подпункта 7) лабораторной работы по Теории телетрафика №1 получить $\lambda_{сум}$ модельное для суммарного потока $x(n)$.
- 4) Сравнить полученное значение $\lambda_{сум}$ и $\lambda_1 + \lambda_2$.
- 5) Рассчитать оценки дисперсии и математического ожидания случайной величины $x(\tau)$ – количество вызовов суммарного потока, попавших в интервал τ .

Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:

Представить, исходные данные для моделирования, результаты моделирования и результаты расчётов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 «ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ОТКАЗАМИ»

Цель занятия: исследование систем массового обслуживания с отказами и ее характеристик качества.

Задачи занятия:

- 1) Произвести построение графика распределения для многоканальной СМО с отказами;
- 2) Определить характеристики качества обслуживания;
- 3) Составить отчет о выполненной работе, зафиксировав в нем производимые вами действия.

Планируемые результаты обучения:

- формирование знаний о системах массового обслуживания с отказами и их характеристик качества;
- формирование умений построения графиков распределения для многоканальных СМО с отказами;
- формирование навыков расчёта и анализа характеристик качества обслуживания СМО с отказами.

Материально-техническое оборудование и материалы:

- 1) Персональный компьютер с операционной системой Windows;
- 2) Система Mathcad.

План проведения лабораторного занятия

Лабораторному занятию предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:

- 1) Козликин, В.И. Теория массового обслуживания [Текст] : учебное пособие / В. И. Козликин, Л. П. Кузнецова ; Минобрнауки России, Юго-Западный государственный

университет. - Курск : ЮЗГУ, 2013. - 143 с.

2) Кирпичников, А. П. Методы прикладной теории массового обслуживания [Текст] / А. П. Кирпичников. - Казань : Казанский университет, 2011. - 200 с.

3) Теория вероятностей [Текст] : учебное пособие : [для студентов техн. и экон. спец. дневной, заочной и дистан. форм обучения] / Е. В. Журавлева [и др.] ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2015. - 175 с.

4) Крылов, В.В. Теория телетрафика и ее приложения [Текст] : учебное пособие / В. В. Крылов, С. С. Самохвалова. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 288 с.

5) Вентцель, Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология [Текст] : учебное пособие / Е. С. Вентцель. - М. : Высшая школа, 2001. - 208 с.

Краткая теоретическая справка для самостоятельной подготовки к лабораторному занятию:

N -канальной СМО с отказами является такая система, в которой в момент прихода требования все узлы обслуживания заняты и требование получает отказ и сразу покидает систему. Для такой системы вероятность всех состояний системы (в установившемся режиме) дает первое распределение Эрланга:

$$P_k = \frac{p^k / k!}{\sum_{i=0}^N p^i / i!},$$

где $p = \lambda / \nu$ - нагрузка СМО, λ - интенсивность поступления требований, ν - интенсивность обслуживания.

К основным характеристикам качества обслуживания рассматриваемой СМО относятся: вероятность отказа $P_{отк}$

$$P_{отк} = P_N = \frac{p^N / N!}{\sum_{i=0}^N p^i / i!};$$

среднее число занятых узлов обслуживания $M_{зан}$:

$$M_{зан} = p(1 - P_N);$$

среднее число свободных узлов обслуживания $M_{св}$:

$$M_{св} = N - M_{зан}.$$

В системах с отказами события отказа и обслуживания составляют полную группу событий, отсюда:

$$P_{отк} + P_{обс} = 1.$$

На основании приведенного выше выражения относительная пропускная способность определяется по формуле:

$$Q = P_{обс} = 1 - P_{отк} = 1 - P_N.$$

Абсолютная пропускная способность СМО с отказами равняется:

$$A = \lambda P_{обс}.$$

Коэффициент занятости узлов обслуживания определяется отношением среднего числа занятых каналов к общему числу каналов:

$$K_3 = \frac{M_{зан}}{N}.$$

Примерные вопросы к собеседованию, к защите отчета по выполненной лабораторной работы:

- 1) Дать понятие нагрузки системы.
- 2) Дать понятие коэффициента занятости узлов.
- 3) Привести формулу первого распределения Эрланга.
- 4) Дать понятие вероятности отказа.
- 5) Дать определение характеристикам качества СМО с отказами.

Алгоритм проведения эксперимента:

- 1) Построить график распределения P_k для N -канальной СМО с отказами, если на вход системы поступает простейший

поток требований с интенсивностью $\lambda = 10 \frac{m}{N_n N}$ и обслуживание требований производится с интенсивностью $\nu = 5 \frac{m}{N_n N}$, где m -номер группы (пример: для группы ИТ-21 $m = 2+1=3$), N -количество каналов обслуживания (определяется по вариантам из таблицы 1, вариант соответствует номеру студента по журналу), Nn - номер студента по журналу.

Таблица 3.1 – Число каналов обслуживания

N_n	1,5,9,13,17,21	2,6,10,14,18,22	3,7,11,15,19,23	4,8,12,16,20,24
N	4	5	6	3

Для СМО с отказами график распределения P_k , построенный в системе MathCad, показан на рисунке 1.

$$\lambda := 8 \quad \nu := 5 \quad N := 7$$

$$\rho := \frac{\lambda}{\nu} \quad \rho = 1.6$$

$$P_0 := \left(\sum_{i=0}^N \frac{\rho^i}{i!} \right)^{-1} \quad P_0 = 0.202$$

$$k := 1..N \quad P(k) := \frac{\rho^k}{k!} \cdot P_0$$

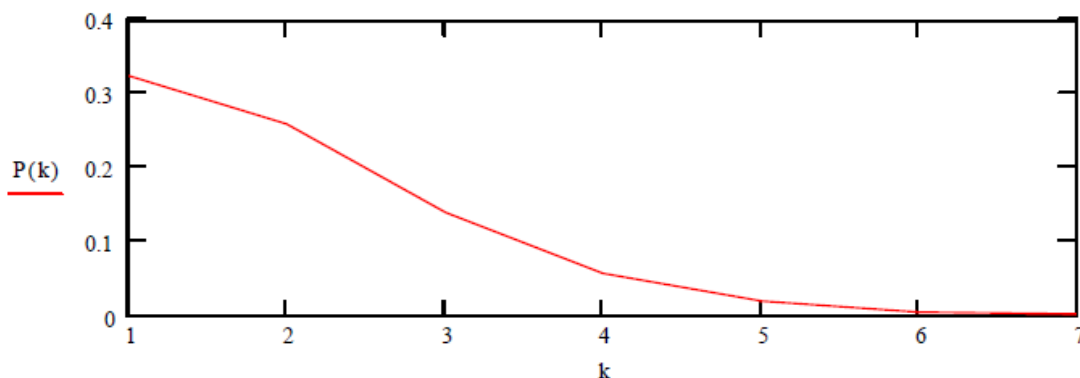


Рисунок 3.1 – График вероятностей P_k

- 2) Определить характеристики качества обслуживания:
- вероятность отказа $P_{отк}$.
 - среднее число занятых узлов $M_{зан}$.
 - среднее число свободных узлов $M_{св}$.
 - относительную пропускную способность Q .

- абсолютную пропускную способность A .
- коэффициент занятости узлов $Kз$.

Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:

Представить исходные данные для моделирования, результаты моделирования (таблицы 1, 2, 3 с пояснениями), результаты расчётов.

Варианты заданий:

Таблица 3.2 – Варианты заданий

N_n , вар	1,5,9,13,17,21	2,6,10,14,18,22	3,7,11,15,19,23	4,8,12,16,20,24
N	4	5	6	3

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 «МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СМО С ОТКАЗАМИ»

Цель занятия: сравнение значений характеристик качества СМО с явными потерями, полученными в результате моделирования и рассчитанными по первой формуле Эрланга.

Задачи занятия:

- 1) Промоделировать поступающий поток;
- 2) Произвести моделирование процесса обслуживания;
- 3) Рассчитать время освобождения канала;
- 4) Произвести подсчёт потерянных требований;
- 5) Определить модельную вероятность отказа требования;
- 6) Произвести расчёт вероятности отказа;
- 7) Составить отчет о выполненной работе, зафиксировав в нем производимые вами действия.

Планируемые результаты обучения:

- формирование знаний о СМО с явными потерями;
- формирование умений в моделировании, расчёте и сравнении характеристик качества.

Материально-техническое оборудование и материалы:

- 1) Персональный компьютер с операционной системой Windows;
- 2) Табличный редактор Microsoft Excel.

План проведения лабораторного занятия

Лабораторному занятию предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:

- 1) Козликин, В.И. Теория массового обслуживания [Текст] : учебное пособие / В. И. Козликин, Л. П. Кузнецова ; Минобрнауки России, Юго-Западный государственный

университет. - Курск : ЮЗГУ, 2013. - 143 с.

2) Кирпичников, А. П. Методы прикладной теории массового обслуживания [Текст] / А. П. Кирпичников. - Казань: Казанский университет, 2011. - 200 с.

3) Теория вероятностей [Текст]: учебное пособие: [для студентов техн. и экон. спец. дневной, заочной и дистан. форм обучения] / Е. В. Журавлева [и др.] ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск: ЮЗГУ, 2015. - 175 с.

4) Крылов, В.В. Теория телетрафика и ее приложения [Текст]: учебное пособие / В. В. Крылов, С. С. Самохвалова. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 288 с.

5) Вентцель, Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология [Текст] : учебное пособие / Е. С. Вентцель. - М.: Высшая школа, 2001. - 208 с.

Краткая теоретическая справка для самостоятельной подготовки к лабораторному занятию:

Функция распределения промежутка между требованиями $P(z < t) = A(t)$, а функция распределения длительности обслуживания $P(\xi < t) = B(t)$. Программа моделирования содержит два генератора случайных величин Z и ξ в соответствии с заданными функциями $A(t)$ и $B(t)$, переменные t_0 для хранения момента поступления очередного требования и t_1, t_2, \dots, t_N для хранения момента освобождения k -го ($k = \overline{1, N}$) канала.

Для упрощения пояснений примем $N=3$ и проанализируем работу алгоритма с момента поступления пятого требования. Первый генератор формирует очередное случайное число z_5 , что соответствует поступлению пятого требования $t_0 = z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5$. Предположим, что до момента t_0 первый канал был занят четвертым требованием, а второй и третий соответственно вторым и третьим. Тогда $t_1 = z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + \xi_4$, $t_2 = z_1 + z_2 + \xi_2$, $t_3 = z_1 + z_2 + z_3 + \xi_3$. Каждое из чисел t_1, t_2, t_3 определяет момент освобождения соответствующего канала.

При последовательном занятии каналов значение t_0 поочередно сравнивается с t_1, t_2, \dots, t_N , пока не обнаруживается ячейка с моментом освобождения $t_k < t_0$ ($k = \overline{1, N}$). Пусть окажется, что $t_1 > t_0$ и $t_2 > t_0$ а $t_3 < t_0$. Это означает, что к моменту поступления пятого требования первый и второй канал оставались занятыми, а третий уже освободился

иможет принять на обслуживание, поступившее пятое требование. Тогда t_3 присваивается t_0 . Затем генерируется случайное число ξ_5 , определяющее длительность обслуживания пятого требования и добавляется к t_3 .

Шестой цикл начинается с генерации случайного числа z_6 . Как и прежде, $t_0 = t_0 + z_6$. Затем осуществляется поочередное сравнение содержимого нулевой ячейки с содержимым остальных ячеек. Если теперь окажется, что $t_1 > t_0$, $t_2 > t_0$ и $t_3 > t_0$ то шестое требование будет потеряно и на этом цикл закончится.

Для подсчета числа поступивших $K_{выз}$ и потерянных $K_{пот}$ требований используются два счетчика. В первый добавляется единица при каждой генерации числа z , а во второй - при каждой потере требования. Отношение $K_{выз}/K_{пот}$ даст по окончании очередной серии статистическую оценку потерь требований.

Примерные вопросы к собеседованию, к защите отчета по выполненной лабораторной работы:

- 1) Определить пропускную способность отдельных каналов при:
 - а) случайном занятии;
 - б) последовательном занятии.

Алгоритм проведения эксперимента:

- 1) Параметр поступающего потока $\lambda = 10 \frac{m}{N_n N}$ (выз/мин), где N_n – номер студента по журналу, m – номер группы (пример: для группы ИТ-21 $m = 2 + 1 = 3$)., N – количество каналов.

Среднее время обслуживания и число каналов определяется вариантом из таблицы 1.

Таблица 4.1 – Исходные данные для расчетов

N_n , вар	1,7,13	2,8,14	3,9,15	4,10,16	5,11,17	6,12,18
N	5	4	6	6	3	5
h , сек	40	55	75	112	33	80

В начале моделирования в системе занято два канала.

- 2) Порядок моделирования

Моделирование осуществлять на интервале $[t_1, t_2]$ мин., где $t_1 = N_n + 1$, $t_2 = N_n + 200$, а Nn – номер студента по журналу.

Поступление вызова моделируется аналогично лабораторной работе по Теории телетрафика №1, запоминается в массиве переменной *тности* подсчитывается счетчиком $K_{выз}$.

Процесс обслуживания моделируется по показательному закону распределения согласно выражению 1.

$$\xi = -\frac{1}{\nu} \ln r; \nu = \frac{1}{h} \quad (1)$$

Время освобождения канала определяется по формуле:

$$t_{осв.i} = t_{ном} + \xi$$

Полученными данными заполняется таблица 2.

Таблица 2–Результаты промежуточных расчетов

r	z	ξ	$t_{пост}$	$t_{осв}$	N канала
r_1	-	ξ_1	-	$t_1 + \xi_1$	1
r_2	-	ξ_2	-	$t_2 + \xi_2$	2
r_3	z_1	ξ_3	t_{n1}	$t_3 + \xi_3$	3
					Потеря

Каналы занимаются последовательно. Если к моменту поступления требования заняты все каналы, то оно теряется и подсчитывается количество потерянных требований $K_{пот}$.

Определяется модельная вероятность отказа требования:

$$\overline{P_{отк}} = \frac{K_{пот}}{K_{выз}}, \quad (2)$$

где $K_{пот}$ - количество потерянных требований; $K_{выз}$ - общее количество требований.

Определить $P_{отк}$ по 1 формуле Эрланга:

$$P_{отк} = P_N = \frac{p^N / N!}{\sum_{k=0}^N p^k / k!}, \quad (3)$$

где $p = \lambda h$.

Варианты заданий:

Таблица 4.2 – Варианты заданий

$N_{\text{в, вар}}$	1,7,13	2,8,14	3,9,15	4,10,16	5,11,17	6,12,18
N	5	4	6	6	3	5
$h, \text{сек}$	40	55	75	112	33	80

Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:

Представить исходные данные для моделирования, результаты моделирования (таблицы 1,2,3 с пояснениями), результаты расчётов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 «ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СМО С ОЖИДАНИЕМ»

Цель занятия: изучение системы массового обслуживания с ожиданием и ее характеристики.

Задачи занятия:

- 1) Построить график вероятности состояний для многоканальной СМО с ожиданием;
- 2) Произвести расчёт времени ожидания;
- 3) Определить характеристики качества обслуживания;
- 4) Составить отчет о выполненной работе, зафиксировав в нем производимые вами действия.

Планируемые результаты обучения:

- формирование знаний о системе массового обслуживания с ожиданием и ее характеристик;
- формирование умений построения графика вероятности состояний и определения характеристик качества обслуживания.

Материально-техническое оборудование и материалы:

- 1) Персональный компьютер с операционной системой Windows;
- 2) Система Mathcad.

План проведения лабораторного занятия

Лабораторному занятию предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:

- 1) Козликин, В.И. Теория массового обслуживания [Текст] : учебное пособие / В. И. Козликин, Л. П. Кузнецова ; Минобрнауки России, Юго-Западный государственный университет. - Курск : ЮЗГУ, 2013. - 143 с.
- 2) Кирпичников, А. П. Методы прикладной теории массового обслуживания [Текст] / А. П. Кирпичников. - Казань :

Казанский университет, 2011. - 200 с.

3) Теория вероятностей [Текст] : учебное пособие : [для студентов техн. и экон. спец. дневной, заочной и дистан. форм обучения] / Е. В. Журавлева [и др.] ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2015. - 175 с.

4) Крылов, В.В. Теория телетрафика и ее приложения [Текст] : учебное пособие / В. В. Крылов, С. С. Самохвалова. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 288 с.

5) Вентцель, Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология [Текст] : учебное пособие / Е. С. Вентцель. - М. : Высшая школа, 2001. - 208 с.

Краткая теоретическая справка для самостоятельной подготовки к лабораторному занятию:

СМО с N - каналами обслуживает простейший поток требований. При занятости всех n узлов обслуживания поступившее требование ставится в очередь и обслуживается после некоторого ожидания. Общее число требований, находящихся в системе на обслуживании и в очереди, обозначим $k(k = \overline{0, \infty})$ и назовем состоянием системы. При $k = \overline{0, N}$ величина k характеризует число занятых каналов в системе, при $k = \overline{0, \infty}$ число занятых каналов равно N , а разность $k - N$ определяет длину очереди. Параметр интенсивности обслуживания потока ν определяется числом занятых узлов, и в первом случае $k = \overline{0, N}$ зависит от состояния системы k , а во втором $k = \overline{N, \infty}$ имеет постоянное значение ν .

Введем понятие загрузки системы p равное отношению интенсивности входящего потока к интенсивности обслуживания:

$$p = \frac{\lambda}{\nu}. \quad (1)$$

Отметим, что при интенсивности поступающей нагрузки p , равной или больше числа узлов обслуживания системы N , с вероятностью равной 1 постоянно будут заняты все узлы обслуживания и длина очереди будет бесконечной – явление «взрыва». Поэтому, чтобы система могла функционировать нормально и очередь не росла безгранично, необходимо выполнить условие $p < N$.

Вероятность того, что система в установившемся режиме находится в состоянии k (P_k) определяем по формуле (второе распределение Эрланга)

$$P_k = \begin{cases} \frac{p^k}{k!} P_0, & \text{при } k = 0, N, \\ \frac{p^k}{N^{k-N} N!}, & \text{при } k = N, \infty \end{cases}, \quad (2)$$

где

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^N \frac{p^k}{k!} + \frac{p^{N+1}}{N!(N-p)}}. \quad (4)$$

К основным характеристикам качества обслуживания СМО с ожиданием относят следующие.

Вероятность наличия очереди $P_{оч}$ есть вероятность того, что число требований в системе больше числа узлов:

$$P_{оч} = \frac{p^{N+1}}{N!(N-p)} P_0. \quad (5)$$

Вероятность занятости всех узлов системы $P_{зан}$.

$$P_{зан} = \frac{p^N}{(N-1)!(N-p)} P_0 \quad (6)$$

Среднее число требований в системе M_{TP}

$$M_{TP} = P_0 \left(p \sum_{k=0}^{N-1} \frac{p^k}{k!} + \frac{p^{N+1}(N+1-p)}{(N-1)!(N-p)^2} \right). \quad (7)$$

Средняя длина очереди $M_{оч}$

$$M_{оч} = \frac{p^{N+1} P_0}{(N-1)!(N-p)^2}. \quad (8)$$

Среднее число свободных узлов $M_{св}$

$$M_{ce} = P_0 \sum_{k=1}^N k \frac{p^k}{(N-k)!}. \quad (9)$$

Среднее число занятых узлов $M_{зан}$

$$M_{зан} = N - M_{ce}. \quad (10)$$

Среднее время ожидания начала обслуживания $T_{ож}$ для требования, поступившего в систему

$$T_{ож} = \frac{p^n}{\nu(N-1)!(N-p)^2} P_0. \quad (11)$$

Общее время, которое проводят в очереди все требования, поступившие в систему за единицу времени, $T_{оож}$

$$T_{оож} = \frac{p^{N+1}}{(N-1)!(N-p)^2} P_0. \quad (12)$$

Среднее время $T_{тр}$, которое требование проводит в системе обслуживания

$$T_{тр} = T_{оож} + \frac{1}{\nu}. \quad (13)$$

Суммарное время, которое в среднем проводят в системе все требования, поступившие за единицу времени, $T_{стр}$

$$T_{стр} = T_{оож} + p. \quad (14)$$

Примерные вопросы к собеседованию, к защите отчета по выполненной лабораторной работе:

- 1) Что такое явление «взрыва» в СМО с ожиданием?
- 2) Определить вероятность любого состояния системы с ожиданием.
- 3) Дать понятие состояния СМО с ожиданием.

Алгоритм проведения эксперимента:

1) Построить график вероятности состояний P_k от k для N -канальной СМО с ожиданием, если на вход поступает простейший поток требований с интенсивностью $\lambda = 15 \frac{m}{N_n N}$ и обслуживание требований производится с интенсивностью $\nu = 5 \frac{m}{N_n N}$, где N_n – номер студента по журналу, m – номер группы (пример: для группы ИТ-21 $m = 2 + 1 = 3$), N – число каналов обслуживания (определяется из таблицы 1).

Таблица 5.1 – Исходные данные

N_n	1,5,9,13,17,21	2,6,10,14,18,22	3,7,11,15,19,23	4,8,12,16,20,24
N	3	4	5	6

Для СМО с ожиданием график распределения P_k , построенный в системе MathCad, показан на рисунке 1.

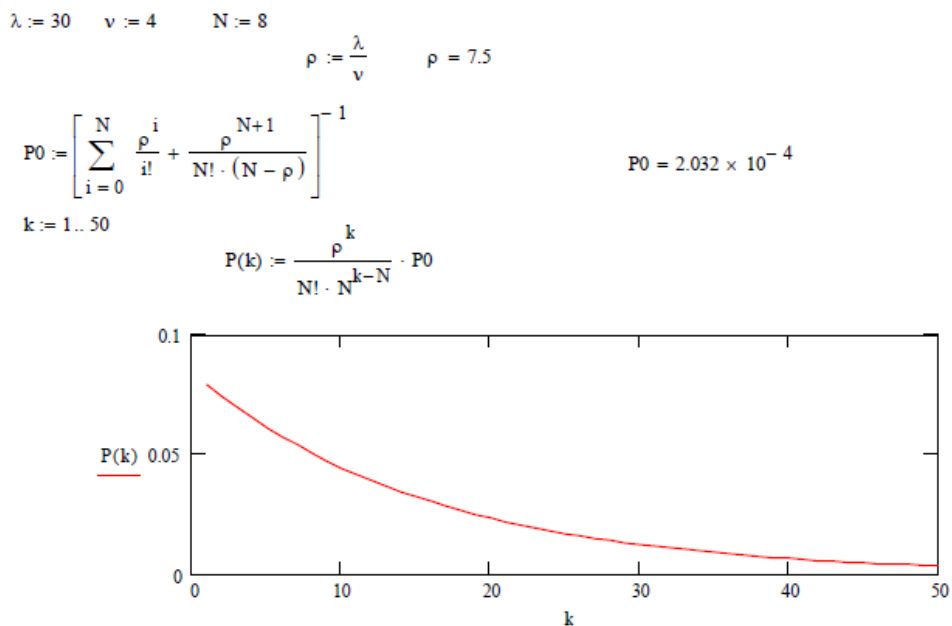


Рисунок 5.1 – График вероятностей P_k

- 2) Определить характеристики качества обслуживания:
- Вероятность наличия очереди P_k .
 - Вероятность занятости всех узлов системы $P_{зан}$.
 - Среднее число требований в системе MTP .
 - Среднюю длину очереди $Mоч$.
 - Среднее число свободных узлов $Mсв$.

- Среднее число занятых узлов $M_{зан}$.
- Среднее время ожидания $T_{ож}$.
- Общее время пребывания требований в очереди за единицу времени $T_{оож}$.
- Среднее время пребывания требований в системе $T_{тр}$.
- Суммарное время, которое проводят все требования в системе за единицу времени, $T_{стр}$.

Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:

Представить исходные данные для моделирования, результаты моделирования (таблицы 1, 2, 3 с пояснениями), результаты расчётов.

Варианты заданий:

Таблица 5.2 – Варианты заданий

$N_n,$ вар	1,5,9,13,17,21	2,6,10,14,18,22	3,7,11,15,19,23	4,8,12,16, 20,24
N	3	4	5	6

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 «МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАЛЬНОГО ПРОЦЕССА ОБСЛУЖИВАНИЯ СМО С НЕОГРАНИЧЕННОЙ ОЧЕРЕДЬЮ»

Цель занятия: сравнение значений характеристик качества СМО с неограниченной очередью, полученные в результате моделирования и теоретического расчета.

Задачи занятия:

- 1) Произвести моделирование поступающего потока;
- 2) Промоделировать процесс обслуживания;
- 3) Построить графики работы каналов;
- 4) Построить график работы накопителя;
- 5) Определить модельную вероятность наличия очереди
- 6) Составить отчет о выполненной работе, зафиксировав в нем производимые вами действия.

Планируемые результаты обучения:

- формирование знаний о СМО с неограниченной очередью и ее характеристик качества;
- формирование умений моделирования и теоретического расчёта и сравнения;
- формирование навыков определения состава применяемых программно-аппаратных средств защиты информации в компьютерных сетях.

Материально-техническое оборудование и материалы:

- 1) Персональный компьютер с операционной системой Windows;
- 2) Табличный редактор Microsoft Excel.

План проведения лабораторного занятия

Лабораторному занятию предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:

1) Козликин, В.И. Теория массового обслуживания [Текст] : учебное пособие / В. И. Козликин, Л. П. Кузнецова ; Минобрнауки России, Юго-Западный государственный университет. - Курск : ЮЗГУ, 2013. - 143 с.

2) Кирпичников, А. П. Методы прикладной теории массового обслуживания [Текст] / А. П. Кирпичников. - Казань : Казанский университет, 2011. - 200 с.

3) Теория вероятностей [Текст] : учебное пособие : [для студентов техн. и экон. спец. дневной, заочной и дистан. форм обучения] / Е. В. Журавлева [и др.] ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2015. - 175 с.

4) Крылов, В.В. Теория телетрафика и ее приложения [Текст] : учебное пособие / В. В. Крылов, С. С. Самохвалова. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 288 с.

5) Вентцель, Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология [Текст] : учебное пособие / Е. С. Вентцель. - М. : Высшая школа, 2001. - 208 с.

Краткая теоретическая справка для самостоятельной подготовки к лабораторному занятию:

Задание потока распределения промежутка между требованиями осуществляется функцией $P(z < t) = A(t)$, а функцией $P(\xi < t) = B(t)$ распределяется длительность обслуживания. В результате программа моделирования содержит два генератора случайных величин Z и ξ в соответствии с заданными функциями $A(t)$ и $B(t)$, переменные t_0 хранения момента поступления очередного требования, t_1, t_2, \dots, t_N для хранения момента освобождения k -го ($k = \overline{1, N}$) канала и $p_1, p_2, \dots, p_\infty$ для хранения момента поступления требования в очереди.

Поясним процесс моделирования на примере. Примем $N=3$ и проанализируем работу алгоритма с момента поступления пятого требования. Первый генератор формирует очередное случайное число z_5 , что соответствует поступлению пятого требования $t_0 = z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5$. Предположим, что до момента t_0 первый канал был занят четвертым требованием, а второй и третий соответственно вторым и третьим, требования в накопителе отсутствуют. Тогда $t_1 = z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + \xi_4$, $t_2 = z_1 + z_2 + \xi_2$, $t_3 = z_1 + z_2 + z_3 + \xi_3$.

Каждое из чисел t_1, t_2, t_3 определяет момент освобождения соответствующего канала.

При последовательном занятии каналов значение t_0 поочередно сравнивается с t_1, t_2, \dots, t_N пока не обнаруживается ячейка с моментом освобождения $t_k < t_0 (k = \overline{1, N})$. Пусть окажется, что $t_1 < t_0$ и $t_2 > t_0$, а $t_3 < t_0$. Это означает, что к моменту поступления пятого требования первый и второй канал оставались занятыми, а третий уже освободился и может принять на обслуживание поступившее пятое требование. Тогда t_3 присваивается t_0 . Затем генерируется случайное число ξ_5 , определяющее длительность обслуживания пятого требования и добавляется к t_3 .

Шестой цикл начинается с генерации случайного числа z_6 . Как и прежде, $t_0 = t_0 + z_6$. Затем осуществляется поочередное сравнение содержимого нулевой ячейки с содержимым остальных ячеек. Если теперь окажется что, $t_1 > t_0$, $t_2 > t_0$ и $t_3 > t_0$, то шестое требование будет помещено в накопитель, $P_1 = t_0$.

Седьмой цикл начинается с генерации случайного числа z_7 . Как и прежде, $t_0 = t_0 + z_7$. Так как у нас есть требование в накопителе, то $P_2 = t_0$. Затем $t_0 = P_1 + z_7$, осуществляется поочередное сравнение содержимого нулевой ячейки с содержимым остальных ячеек. Если теперь окажется, что $t_1 > t_0$, $t_2 < t_0$ и $t_3 > t_0$, то седьмое требование будет помещено во второй канал, а в накопителе произойдет сдвиг $P_1 = P_2$. Далее $t_0 = P_1$, и проводится повторная проверка занятости каналов, если каналов свободных не оказалось, то требование остается в накопителе, если есть, то требование поступает на освободившийся канал.

Для подсчета числа поступивших $K_{тр}$ и помещенных в накопитель $K_{н}$ требований используются два счетчика. В первый добавляется единица при каждой генерации числа z , а во второй - при каждом помещении требования в накопитель. Отношение $K_{тр}/K_{н}$ даст по окончании очередной серии статистическую оценку нахождения требований в накопителе.

Примерные вопросы к собеседованию, к защите отчета по выполненной лабораторной работе:

- 1) Указать условие существования установившегося режима.
- 2) Вывести основные характеристики качества системы.

3) В чем заключается метод Монте-Карло?

Алгоритм проведения эксперимента:

1) Начальные условия моделирования.

Параметр поступающего потока $\lambda = 12 \frac{m}{N_n N}$ (выз/мин), где N_n – номер студента по журналу, m – номер группы (пример: для группы ИТ-21 $m = 2 + 1 = 3$), N – число каналов обслуживания (определяется из таблицы 1).

Среднее время обслуживания и число каналов определяется вариантом из таблицы 1.

Таблица 6.1 – Среднее время обслуживания и число каналов

N_n , вар	1,7,13	2,8,14	3,9,15	4,10,16	5,11,17	6,12,18
N	3	6	5	4	4	7
h , сек	45	60	90	60	90	120

В начале моделирования в системе свободны все каналы.

2) Порядок моделирования.

2.1) Моделирование осуществляется на интервале $[t_1, t_2]$ мин., где $t_1 = N_n + 1$, $t_2 = N_n + 200$, а N_n – номер по журналу.

Поступление требования моделируется аналогично лабораторной работе №1, запоминается в массиве переменной *тпости* подсчитывается счетчиком *Ктп*.

2.2) Процесс обслуживания моделируется по показательному закону распределения по формулам:

$$\xi = -\frac{1}{\nu} \ln r; \nu = \frac{1}{h}.$$

Время освобождения канала определяется так: $t_{осв.i} = t_{ном} + \xi$.

Каналы занимаются последовательно. Если к моменту поступления требования заняты все каналы, то требование идет в накопитель и подсчитывается количество поступивших в накопитель $K_{нтребований}$.

2.3) Построить графики работы каналов.

2.4) Построить график работы накопителя.

2.5) Определить модельную вероятность наличия очереди

$$\overline{P}_{оч} = \frac{K_n}{K_{mp}},$$

где K_n - количество требований в накопителе; K_{mp} - общее количество требований.

Определить $P_{оч}$ по формуле $P_{оч} = \frac{p^{N+1}}{N!(N-p)} P_0$,

где $p = \lambda h$,

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^N \frac{p^k}{k!} + \frac{p^{N+1}}{N!(N-p)}}.$$

Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:

Представить исходные данные для моделирования, результаты моделирования (таблицы 1, 2, 3 с пояснениями), результаты расчётов

Варианты заданий:

Таблица 6.2 – Варианты заданий

N_n , вар	1,7,13	2,8,14	3,9,15	4,10,16	5,11,17	6,12,18
N	3	6	5	4	4	7
h , сек	45	60	90	60	90	120

ФОРМА ОТЧЕТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ О ВЫПОЛНЯЕМОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчёт должен быть оформлен с помощью редактора MS Word, версии 97 и выше или LibreOffice(.doc, .rtf).

Параметры страницы:

- верхнее поле – 2 см;
- нижнее поле – 2 см;
- левое поле – 2 см;
- правое поле – 1 см;
- переплет – 0 см;
- размер бумаги – А4;
- различать колонтитулы первой страницы.

Шрифт текста Times New Roman, 14 пунктов, через 1,5 интервала, выравнивание по ширине, первая строка с отступом 1,5 см. Номер страницы внизу, по центру, 14 пунктов.

Несложные формулы должны быть набраны с клавиатуры и с использованием команды «Вставка→Символ». Сложные формулы должны быть набраны в редакторе «MathType 6.0 Equation».

Отчёт обучающегося о выполненной лабораторной работе должен содержать:

- название дисциплины, номер и название лабораторной работы;
- фамилию и инициалы автора, номер группы;
- фамилию и инициалы преподавателя;
- дату выполнения и личную подпись;
- цель занятия;
- материально-техническое оборудование и материалы;
- последовательность действий проведения исследований;
- вывод о проделанной работе.

Форма титульного листа отчета представлена в приложении А.

Результаты различных измерений необходимо представить в виде нескольких самостоятельных таблиц и графиков. Каждая таблица и каждый график должны иметь свой заголовок и исходные данные эксперимента.

При выполнении численных расчетов надо записать формулу определяемой величины, сделать соответствующую численную подстановку и произвести вычисления.

ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕННОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Оценка «отлично» выставляется слушателю, если лабораторная работа выполнена правильно, в установленное преподавателем время или с опережением времени, при этом слушателем выбран наиболее эффективный способ выполнения задания.

Оценка «хорошо» выставляется слушателю, если лабораторная работа выполнена правильно, в установленное преподавателем время, типовым способом и допущено наличие несущественных недочетов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется слушателю, если при выполнении лабораторной работы допущены ошибки некритического характера и (или) превышено установленное преподавателем время.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется слушателю, если лабораторная работа не выполнена или при его выполнении допущены грубые ошибки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполнения лабораторных работ студента направления программы подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» формирует следующие компетенции:

Код и наименование компетенции	Этапы формирования компетенций и дисциплины (модули) и практики, при изучении/прохождении которых формируется данная компетенция		
	начальный	основной	завершающий
1	2	3	4
ПК-2 Способен применять современные теоретические и практические методы исследования с целью повышения качества работы, диагностики и устранения ошибок и отказов радиооборудования, сетевых устройств, программного обеспечения инфокоммуникаций	Основы программирования в инфокоммуникациях	Теория телетрафика Методы и средства моделирования телекоммуникационных систем и устройств Учебная практика (научноисследовательская работа)	Методы и средства измерений в телекоммуникациях Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
ПК-9 Способен	Основы	Теория телетрафика	Системы и сети

<p>проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ</p>	<p>программирования в инфокоммуникациях</p>	<p>Основы теории информации и кодирования</p>	<p>мобильной связи Беспроводные системы связи Производственная преддипломная практика Выполнение и защита выпускной квалификационной работы</p>
---	---	---	---

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Форма титульного листа отчета обучающегося о выполненной лабораторной работе

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Юго-Западный государственный университет»

Кафедра космического приборостроения и систем связи

ОТЧЕТ

о выполненной лабораторной работе
по дисциплине «Теория телетрафика»

на тему «_____»

Выполнил

(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Проверил

(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Курск 20 ____

