

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»
Кафедра инноватики и строительной физики
имени профессора И.С. Суровцева

ТЕОРИЯ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В ИННОВАЦИОННОЙ СФЕРЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к проведению практических, лабораторных и
самостоятельных работ для студентов
направления подготовки
27.03.05. «Инноватика» всех форм обучения

Воронеж 2022

УДК 658.818(07)
ББК 65:22.18я7

Составители:

д.э.н., профессор Уварова С.С.

Теория массового обслуживания в инновационном менеджменте: к проведению практических, лабораторных и самостоятельных работ для студентов направления подготовки 27.03.05. «Инноватика» всех форм обучения/ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. С.С. Уварова. - Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. - 26 с.

Методические указания для практических, лабораторных занятий и самостоятельной работе студентов заключаются в изложении требований, предъявляемые к подготовке и защите текущих контрольных работ, рефератов, информационных сообщений, презентаций студентов всех форм обучения, даются рекомендации по подготовке, оформлению и защите указанных работ.

Предназначены для студентов всех форм обучения 27.03.05. «Инноватика».

Подготовлено в электронном виде и содержится в файле МУ_ТМВИС_ЛБ_ПР_СРС_2022.pdf.

Библиогр.:

УДК 658.818(07)
ББК 65:22.18я7

Рецензент - О.К. Мещерякова, док. экон. наук, доц. кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежский государственного технического университета*

Введение

Практическая и самостоятельная работа студента – часть образовательного процесса, является дидактическим средством развития готовности к профессиональному самообразованию, средством приобретения навыков и компетенций, соответствующих компетентностной модели выпускника, освоившего основную профессиональную образовательную программу высшего образования.

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

Практическая и самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом учебного процесса для каждого студента. При определении содержания самостоятельной работы студентов учитывается их уровень самостоятельности и требования к уровню самостоятельности выпускников для того, чтобы за период обучения искомый уровень был достигнут.

Основными формами организации самостоятельной работы студентов являются: подготовка к выполнению лабораторных работ и их защите, выполнение домашних заданий (включая работу со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами, решение задач, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста), выполнение курсовых проектов или работ, подготовка к коллоквиумам и к контрольным работам, подготовка к практическим занятиям, подготовка к зачёту (экзамену) по конкретной дисциплине, подготовка доклада к выступлению на семинаре по заданной теме, расширенное изучение одного из разделов дисциплины, прочитанных на лекциях в краткой форме, выполнение расчётно-графических работ (в том числе с использованием ПЭВМ и соответствующих профилю дисциплины программных продуктов, освоение дополнительного материала в формате онлайн-курсов, учебно-исследовательская работа и др.

Обязательная самостоятельная работа обеспечивает подготовку студента к текущим аудиторным занятиям. Результаты этой подготовки проявляются в активности студента на занятиях и качественном уровне представленных докладов, выполненных контрольных работ, тестовых заданий и других форм текущего контроля.

Контролируемая самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие аналитических навыков по проблематике дисциплины. Подведение итогов и контроль за результатом таких форм самостоятельной работы осуществляется во время занятий, проводимых в форме контактной работы.

1. Методические рекомендации по освоению учебного материала по конспекту лекций и дополнительной литературе

Изучение теоретической части дисциплин призвано не только углубить и закрепить знания, полученные на аудиторных занятиях, но и способствовать развитию у студентов творческих навыков, инициативы и способности организовать свое время. Планирование времени, необходимого на изучение дисциплин, студентам лучше всего осуществлять весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно прорабатывать и дополнять сведениями из других источников литературы, представленных не только в программе дисциплины, но и в периодических изданиях. При изучении дисциплины сначала необходимо по каждой теме прочитать рекомендованную литературу и составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих тем курса. Для расширения знания по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы; проводить поиски в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем.

Практическую, а также самостоятельную работу следует начинать с доработки конспекта, желательно в тот же день. С целью доработки необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее следует изучить материал, используя рекомендуемую литературу, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, находя ответы на вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. Записи должны быть наглядными, для чего следует применять различные способы выделений. Подготовленный конспект и рекомендуемая литература используются при подготовке к практическому занятию.

2. Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине «Теория массового обслуживания в инновационном менеджменте»

Тема 1. Цели изучения дисциплины и ее место в инновационном менеджменте

1. Предмет, цель и задачи ТМО.
2. Теория массового обслуживания в планировании и организации производства.
3. ТМО как элемент теории исследования операций в экономике.
4. Роль ТМО в инновационном менеджменте.
5. Роль инноваций в оптимизации СМО.
6. ТМО в исследовании и моделировании инновационных проектов.

Тема 2. Вероятностные модели одномерной генеральной совокупности

1. Сведения из теории вероятностей.
2. Классический метод вычисления вероятностей
3. Статистический метод нахождения вероятности
4. Случайные величины
5. Определение числовых характеристик случайных величин с использованием информационных технологий

Тема 3. Элементы математической статистики в ТМО

1. Оценка функции распределения
2. Точечные оценки неизвестных параметров законов распределения
3. Доверительный интервал
4. Проверка статистической однородности

Тема 4. Понятие систем массового обслуживания

1. Понятие систем массового обслуживания
2. Примеры систем массового обслуживания
3. Основные элементы систем массового обслуживания
4. Схема систем массового обслуживания
5. Граф состояний систем массового обслуживания

Тема 5. Классификация систем массового обслуживания

1. Вид систем массового обслуживания по критериям входящего и исходящего потока требований, обслуживающей системы
2. Графы состояний различных видов систем массового обслуживания.

Тема 6. Потоки событий

1. Понятие потока событий
2. Простейший поток и его свойства
3. Пуассоновский поток событий

Тема 7. Основные понятия случайного процесса. Виды процессов

1. Понятие случайного процесса.
2. Характеристики случайного процесса
3. Случайные процессы с дискретными состояниями.
4. Марковские и немарковские процессы
5. Уравнения Колмогорова
6. Предельные вероятности состояний
7. Процессы гибели и размножения

Тема 8. Характеристики входящего и исходящего потока требований СМО

1. Входящий поток требований и его характеристики
2. Исходящий поток требований и характеристики времени обслуживания

Тема 9. СМО с ожиданием

1. Одноканальная система массового обслуживания с ожиданием и ограничением на длину очереди
2. Одноканальная система массового обслуживания. с неограниченным ожиданием
3. Замкнутые и разомкнутые системы массового обслуживания.
4. Оптимизация параметров СМО с ожиданием

Тема 10. СМО с отказами

1. Одноканальная СМО с отказами
2. Многоканальная система с отказами (задача Эрланга)
3. Оптимизация параметров СМО с отказами

Тема 11. Эффективность функционирования СМО

1. Критерии эффективности СМО: экономические и неэкономические
2. Оптимизация критериев эффективности СМО.
3. Эффективность СМО в планировании и организации производства.
4. Эффективность СМО в моделировании проекта.

Тема 12. Моделирование систем массового обслуживания с использованием метода Монте-Карло

1. Сущность метода Монте-Карло
2. Имитационное моделирование СМО
3. Последовательность моделирования СМО

3 Перечень лабораторных работ (задачи приведены ниже)

Лабораторная работа 1. Вероятностные модели одномерной генеральной совокупности. Определение числовых характеристик случайных величин с использованием информационных технологий

Лабораторная работа 2. Основные понятия случайного процесса. Характеристики входящего и исходящего потока требований СМО

Лабораторная работа 3. Классификация систем массового обслуживания
Характеристики систем массового обслуживания

Лабораторная работа 4. СМО с ожиданием. Оптимизация параметров
СМО с ожиданием

Лабораторная работа 5. Эффективность функционирования СМО.
Определение критериев эффективности СМО

Лабораторная работа 1. Вероятностные модели одномерной генеральной совокупности. Определение числовых характеристик случайных величин с использованием информационных технологий

Задание. На основе имеющейся фактической информации о фактических значениях случайной величины изучить генеральную совокупность и ее характеристики.

Пример выполнения задания. Требуется произвести изучение интенсивности движения автомобилей на участке платной автомобильной дороги с целью обоснования эффективности инвестиционного проекта строительства автодороги на платной основе. Расчет произвести в системе электронных таблиц Excel с использованием инструмента «Генерация случайных чисел». Пример применения инструмента «Генерация случайных чисел» для моделирования распределения объемов грузоперевозок по ростовской области в 2001 году приведен на рисунке 1.

Генерация случайных чисел

Число переменных: 1

Число случайных чисел: 500

Распределение: Нормальное

Параметры

Среднее = 100,19

Стандартное отклонение = 4,61

Случайное рассеивание:

Параметры вывода

Выходной интервал:

Новый рабочий лист:

Новая рабочая книга:

Рисунок 1. Заполнение полей диалогового окна «Генерация случайных чисел»

Для осуществления имитации считаем целесообразным использовать нормальное распределение, так как практика показала, что именно оно встречается в подавляющем большинстве случаев. Количество имитаций может быть сколь угодно большим и определяется требуемой точностью анализа. В данном случае расчет ограничен 500 имитациями.

Таблица 1.1 – Результаты построения массива прогнозной интенсивности движения на платном участке 1070-1091 км автомагистрали М-4 «Дон» в Ростовской области в 2011 году

№ п. п.	Интенсивность движения, авт./сут.
1	8337,159
2	8728,122
3	10335,6
4	12393,65
5	9468,079
6	11594,67
7	12273,01
8	13374,98
9	10555,88
10	10589,76
...	И т. д. 500 имитаций

На основе полученных в результате имитации данных, используя инструмент «Описательная статистика» MS Excel проведен экономико-статистический анализ.

Таблица 1 – Оценка статистических критериев расчетного массива прогнозной интенсивности движения на платном участке 1070-1091 км автомагистрали М-4 «Дон» в Ростовской области в 2011 году

Наименование критерия	Значение
Среднее	10870,53
Стандартная ошибка	83,56632
Медиана	10712,16
Мода	10605,04
Стандартное отклонение	1868,6
Дисперсия выборки	3491665
Экссесс	-0,11867
Асимметричность	0,131174
Интервал	11033,24
Минимум	6151,899
Максимум	17185,14
Сумма	5435266

Счет	500
------	-----

Осуществим оценку значимости коэффициента асимметрии для распределения интенсивности движения. Наиболее простым способом получения такой оценки является определение стандартной (средней квадратической) ошибки асимметрии, рассчитываемой по формуле:

$$\sigma_{as} = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}}$$

где n - число значений случайной величины (в данном случае - 500).

Если отношение коэффициента асимметрии s к величине ошибки σ_{as} меньше трех (т.е.: $s / \sigma_{as} < 3$), то асимметрия считается несущественной, а ее наличие объясняется воздействием случайных факторов

Аналогичным способом можно осуществить проверку значимости величины эксцесса – e . Формула для расчета стандартной ошибки эксцесса имеет следующий вид:

$$\sigma_{ex} = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n-1)^2(n+3)(n+5)}}$$

где:

n - число значений случайной величины.

Если отношение $e / \sigma_{ex} < 3$, эксцесс считается незначительным и его величиной можно пренебречь.

В результате экономико-статистического анализа прогноза интенсивности движения на платном участке 1070-1091 км автомагистрали М-4 «Дон» в Ростовской области в 2011 году получено среднее прогнозное значение интенсивности $10870,53 \pm 83,56$ авт./сут. Стандартное отклонение 1868,6. Значение коэффициента вариации 0,17, что говорит о достаточно большом риске неточности прогноза интенсивности. Минимальное значение интенсивности на участке 6151,9 авт./сут., максимальное – 17185,14 авт./сут. В соответствии с правилом «трех сигм», вероятность интенсивности движения в интервале $[10870,53-1868,6; 10870,53+1868,6]$ равна 0,68.

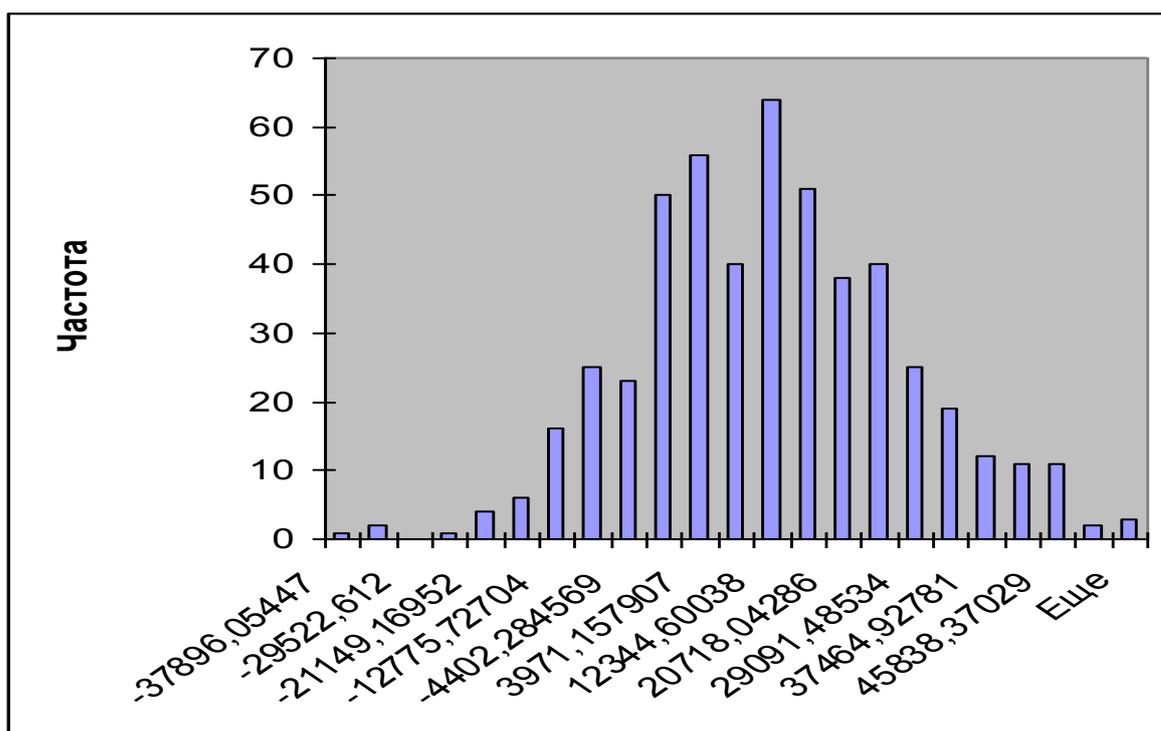


Рисунок 2. Распределение значений NPV проекта

**Лабораторная работа 2. Основные понятия случайного процесса.
Характеристики входящего и исходящего потока требований СМО**

Для определения средней величины интенсивности потока заявок на обслуживание производится хронометражные замеры потока требований на обслуживание в единицу времени.

Например, рассмотрим ситуацию, когда в течении 10 дней производился подсчет количества заявок, поступающих на конкурс на получение гранта на научные исследования в течении каждого часа.

Для вычисления интенсивности потока заявок (λ) сгруппируем данные по числу заявок (k), поступивших в оргкомитет в электронном виде в течение часа (определим частоту поступления заявок на получение гранта в оргкомитет). Другими словами, мы должны построить гистограмму частоты поступления заявок на получение гранта в оргкомитет.

В системе электронных таблиц для этого существует инструмент «Гистограмма».

	А	В
22	<i>Карман</i>	<i>Частота</i>
23	1	3
24	2	19
25	3	23
26	4	21
27	5	6
28	6	4
29	7	2
30	8	1
31	9	1
32	10	0
33	сумма	80

Рисунок 3 - Таблица распределения частот

Интенсивность потока заявок может быть найдена как сумма произведений числа заявок (карман) на наблюдаемую частоту поступления (f), деленное на общее число заявок:

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \cdot f_i}{\sum_{i=1}^n f_i}$$

Тогда количество заявок в единицу времени определится как:

$\lambda = \text{СУММПРОИЗВ(ячейки с числом заявок) / СУММ(ячейки с частотами)}$

а среднее время поступления одной заявки определится как $1/\lambda$

Подобным же образом могут быть определены среднее время обслуживания заявок оргкомитетом ($t_{\text{обсл}}$) и интенсивность обслуживания (μ) – среднее количество клиентов, обслуживаемых в единицу времени

$$t_{\text{обсл}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot f_i}{\sum_{i=1}^n f_i}, \quad \mu = \frac{1}{t_{\text{обсл}}}$$

В том случае, когда $\lambda < \mu$, (т.е., частота поступления заявок ниже интенсивности обслуживания времени их обслуживания) очереди не возникает, так как удовлетворение требований происходит не ранее их поступления.

Лабораторная работа 3. Классификация систем массового обслуживания Характеристики систем массового обслуживания

Таблица 2 - Типы систем массового обслуживания

№ п/п	Параметры СМО		Тип СМО
	n	m	

1	1	0	Одноканальная, без очереди
2	$n > 1$	0	Многоканальная, без очереди
3	1	$1 < m < \infty$	Одноканальная, с ограниченной очередью
4	$n > 1$	$1 < m < \infty$	Многоканальная, с ограниченной очередью
5	1	$m = \infty$	Одноканальная, с неограниченной очередью
6	$n > 1$	$m = \infty$	Многоканальная, с неограниченной очередью

Некоторые обозначения, применяемые в теории массового обслуживания, для формул:

n – число каналов в СМО;

λ – интенсивность входящего потока заявок $\Pi_{\text{вх}}$;

ν – интенсивность выходящего потока заявок $\Pi_{\text{вых}}$;

μ – интенсивность потока обслуживания $\Pi_{\text{об}}$;

ρ – показатель нагрузки системы (трафик);

m – максимальное число мест в очереди, ограничивающее длину очереди заявок;

i – число источников заявок;

p_k – вероятность k -го состояния системы;

p_0 – вероятность простаивания всей системы, т. е. вероятность того, что все каналы свободны;

$p_{\text{сист}}$ – вероятность принятия заявки в систему;

$p_{\text{отк}}$ – вероятность отказа заявке в принятии ее в систему;

$p_{\text{об}}$ – вероятность того, что заявка будет обслужена;

A – абсолютная пропускная способность системы;

Q – относительная пропускная способность системы;

$\bar{N}_{\text{оч}}$ – среднее число заявок в очереди;

$\bar{N}_{\text{об}}$ – среднее число заявок под обслуживанием;

$\bar{N}_{\text{сист}}$ – среднее число заявок в системе;

$\bar{T}_{\text{оч}}$ – среднее время ожидания заявки в очереди;

$\bar{T}_{\text{об}}$ – среднее время обслуживания заявки, относящееся только к обслуженным заявкам;

$\bar{T}_{\text{сис}}$ – среднее время пребывания заявки в системе;

$\bar{T}_{\text{ож}}$ – среднее время, ограничивающее ожидание заявки в очереди;

\bar{K} – среднее число занятых каналов.

Абсолютная пропускная способность СМО A – среднее число заявок, которое может обслужить система за единицу времени.

Относительная пропускная способность СМО Q – отношение среднего числа заявок, обслуживаемых системой в единицу времени, к среднему числу поступающих за это время заявок.

Лабораторная работа 4. СМО с ожиданием. Оптимизация параметров СМО с ожиданием.

При решении задач массового обслуживания необходимо придерживаться нижеприведенной последовательности:

- 1) определение типа СМО по табл.;
- 2) выбор формул в соответствии с типом СМО;
- 3) решение задачи;
- 4) формулирование выводов по задаче.

Задача 1. На сортировочную станцию прибывают составы с интенсивностью 0,9 состава в час. Среднее время обслуживания одного состава 0,7 часа. Определить показатели эффективности работы сортировочной станции: интенсивность потока обслуживаний, среднее число заявок в очереди, интенсивность нагрузки канала (трафик), вероятность, что канал свободен, вероятность, что канал занят, среднее число заявок в системе, среднее время пребывания заявки в очереди, среднее время пребывания заявки в системе (табл. 2).

Таблица 3 - Исходные данные для решения задачи 1

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
λ	0,5	0,8	0,4	0,6	0,7	0,5	0,7	0,6	0,8	0,4
$\bar{T}_{об}$	0,3	0,5	0,6	0,9	0,2	0,2	0,4	0,8	0,3	0,5

Решение. Сортировочную станцию можно рассматривать как одноканальную СМО с неограниченным ожиданием (т. е. с очередью). Таким образом, параметры системы: число каналов $n = 1$, число мест в очереди $m = \infty$.

Интенсивность входящего потока $\lambda = 0,9$ состава в час, среднее время обслуживания одной заявки $\bar{T}_{об} = 0,7$ ч, интенсивность потока обслуживаний

$$\bar{T}_{об} = \frac{1}{\mu},$$

$\mu = 1/0,7 = 1,429$. Таким образом, нагрузка системы

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \lambda \bar{T}_{об},$$

$\rho = 0,9/1,429 = 0,63$, или $\rho = 0,9 \cdot 0,7 = 0,63$.

Среднее число составов, ожидающих обслуживания,

$$\bar{N}_{оч} = \frac{\rho^2}{1-\rho},$$

$$\bar{N}_{оч} = 0,63^2/(1 - 0,63) = 1,073.$$

Так как $\rho < 1$, то очередь составов на сортировку не может бесконечно возрастать, значит, предельные вероятности существуют. Вероятность того, что станция свободна p_0 , рассчитывается по следующей формуле:

$$p_k = \rho^k(1 - \rho); k = 0,1,2,\dots$$

$$p_0 = 1 - \rho.$$

$p_0 = 1 - 0,63 = 0,37$, тогда вероятность того, что станция занята $p_{зан} = 1 - 0,37 = 0,63$.

Среднее число заявок (составов) в системе (на сортировочной станции) рассчитывается по следующей формуле:

$$\bar{N}_{сист} = \bar{N}_{оч} + \bar{N}_{об} = \frac{\rho}{1-\rho},$$

где $\bar{N}_{об} = \rho$; $\bar{N}_{сист} = 0,63/1 - 0,63 = 1,703$ или $\bar{N}_{сист} = 0,63 + 1,073 = 1,703$.

Среднее время пребывания заявки (состава) в очереди (в ожидании сортировки)

$$\bar{T}_{оч} = \frac{\bar{N}_{оч}}{\lambda} = \frac{\rho^2}{\lambda(1-\rho)} = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)},$$

$$\bar{T}_{оч} = 1,073/0,63 = 0,63^2/(0,9(1 - 0,63)) = 0,63/(1,429(1 - 0,63)) = 1,19.$$

Среднее время пребывания заявки (состава) в системе (на сортировочной горке под обслуживанием в ожидании обслуживания)

$$\bar{T}_{сист} = \bar{T}_{оч} + \bar{T}_{об} = \frac{1}{\lambda} \cdot \bar{N}_{сист} = \frac{\rho}{\lambda(1-\rho)} = \frac{1}{\mu(1-\rho)},$$

$$\bar{T}_{сист} = 0,7 + 1,19 = 0,63/(0,9(1 - 0,63)) = 1,703/0,9 = 1/(1,429(1 - 0,63)) = 1,89.$$

Вывод. Очевидно, что скорость обслуживания составов на сортировочной станции невысокая, так как время на ожидание обслуживания (1,19 ч) превышает время на обслуживание (0,7 ч). Для повышения эффективности работы сортировочной горки необходимо уменьшить время

обслуживания одного состава или увеличить число сортировочных станций.

Лабораторная работа 5. Эффективность функционирования СМО. Определение критериев эффективности СМО

Значительная часть показателей функционирования СМО, определенные в предыдущем разделе, - противоречивы в том смысле, что улучшение одних показателей неизбежно ведет к ухудшению других. Таким образом, необходимо проектировать СМО таким образом, чтобы достичь разумного компромисса между показателями собственно заявок и использованием возможностей СМО, т.е. необходимо иметь критерий, позволяющий оценить качество работы СМО с этих позиций.

В качестве обобщенного критерия, учитывающего все противоречивые направленности показателей работы СМО, может быть выбран показатель, характеризующий ее экономическую эффективность. Включающий как издержки обращения ($C_{\text{изд. обр}}$), так и издержки заявок ($C_{\text{изд. заявок}}$), которые будут принимать минимальное значение при минимуме общих затрат ($C_{\text{затр}}$).

В качестве критерия эффективности работы СМО (целевой функции) может выступать товароборот предприятия (например, рентабельность). Тогда, очевидно, оптимальные значения управляемых показателей СМО находятся уже при их максимальном значении и необходимо соответствующим образом произвести преобразования целевой функции.

После построения целевой функции необходимо определить условия решения задачи, т.е. найти ограничения, установить исходные значения показателей, выделить неуправляемые показатели и построить (или подобрать) совокупность моделей взаимосвязи всех показателей для анализируемого типа СМО, чтобы в конечном итоге найти оптимальные значения показателей.

Например, в СМО доставки запасов на склад строительной организации в качестве критерия эффективности может выступать размер затрат на запасы (транспортировка, хранение). При этом необходимо соблюдать ряд условий (ограничений): сохранение ритмичности производства, отсутствие дефицита и избытка запаса на складе.

Расчет можно произвести по модели Уилсона.

Формулы модели Уилсона

$$Q^* = \sqrt{\frac{2Kv}{s}}$$

$$L = K \cdot \frac{v}{Q} + s \cdot \frac{Q}{2}$$

При коротких циклах (частые поставки небольшими партиями) затраты будут значительными за счет первого слагаемого. При длинных циклах (редкие поставки крупными партиями) – за счет второго.

Поставка партии на склад требует определенного времени.

Обозначим *срок поставки (период упреждения)* посредством T_d .

Для того, чтобы заказанная партия поступила точно в требуемый момент, заказ следует подавать заранее, за время T_d до этого момента. В момент поступления объем запаса должен быть равен 0. Следовательно, в момент подачи заказа объем запаса на складе должен составлять величину h_0 :

$$h_0 = vT_d$$

$$\tau = \frac{Q}{v}$$

Пример расчета по модели Уилсона

Размер реально подаваемого заказа Q может не совпадать с Q^* , вычисленным по формуле Уилсона. Поэтому в блок исходных данных помимо параметров, заданных в условии задачи, необходимо ввести **Принятый размер заказа**, который будет использоваться при вычислении расчетных параметров.

Форма расчета приведена на рисунке.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ		
Параметры	Значение	Единицы измерения
Интенсивность потребления	5	шт./дн.
Затраты на оформление заказа	2	руб.
Затраты на доставку заказа	15	руб.
Затраты на хранение запаса	0,84	руб./шт.*дн.)
Время доставки	2	дн.
Принятый размер заказа	13	шт.
РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ		
Параметры	Значение	Единицы измерения
Размер заказа	=ОКРУГЛ(КОРЕНЬ(2*(B4+B5)*B3/B6);0)	шт.
Затраты на управление запасами	=ОКРУГЛ(((B4+B5)*B3/B8+B6*B8/2);2)	руб./дн.
Период поставки	=ОКРУГЛ(B8/B3;1)	дн.
Точка заказа	=ОКРУГЛ(B3*B7;0)	шт.

Рисунок 4 – Формулы расчета

Определим эффективность СМО управления запасами (транспортная схема) для следующего примера.

При строительстве необходимо пополнить запас железобетонных изделий Ж/Б ВВП 9-28-3т. Вес одного изделия равен $p=693$ кг. Затраты на хранение

изделий на складе стройки составляют в сутки $s=29$ рублей за тонну. Затраты на оформление одного заказа равны $K_{\text{оф}}=34,9$ руб. Доставка грузов на склад может осуществляться железнодорожным вагоном, вмещающим в себя до $m_1=40$ т груза, либо грузовыми машинами, каждая из которых рассчитана на $m_2=3$ т груза. Затраты на использование одного рейса вагона составляют $K_1=1408$ руб., а стоимость одного машино-часа грузовой машины - $K_2=262$ руб. Доставка вагоном занимает $T_{д1}=1,5$ дня, а доставка грузовыми машинами - $T_{д2}=0,5$ дня. Работа с данными железобетонными изделиями должна быть закончена не позднее, чем за $T_{\text{max}}=19$ дней.

Если в транспортное средство (вагон или машину) не вмещается объем заказа, найденный по формуле Уилсона, то необходимо рассмотреть следующие варианты доставки:

доставлять такое количество изделий, которое вмещается в транспортное средство;

использовать для доставки не одно, а несколько транспортных средств (например, два), но при этом изменятся затраты на доставку (увеличатся в 2 раза), а значит и изменится Q^* .

Основная идея решения заключается в рассмотрении нескольких вариантов доставки и выбора минимального по затратам на управление запасами.

Затраты на осуществление заказа включают затраты на оформление заказа и на доставку.

Расчет при доставке автотранспортом (на 1 автомобиль) приведен на рис.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ		
Параметры	Значение	Единицы измерения
Интенсивность потребления	9	шт./дн.
Затраты на оформление заказа	34,9	руб.
Затраты на доставку заказа	131	руб.
Затраты на хранение запаса	29	руб./шт.*дн.)
Время доставки	0,5	дн.
Принятый размер заказа	13	шт.

РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ		
Параметры	Значение	Единицы измерения
Размер заказа	10	шт.
Затраты на управление запасами	303,35	руб./дн.
Период поставки	1,4	дн.
Точка заказа	5	шт.

Рисунок 5 – Определение объема поставок

Размер заказа составляет 10 штук, для транспортировки которых требуется 2 автомобиля. Таким образом, изменится затраты на доставку.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ		
Параметры	Значение	Единицы измерения
Интенсивность потребления	9	шт./дн.
Затраты на оформление заказа	34,9	руб.
Затраты на доставку заказа	262	руб.
Затраты на хранение запаса	29	руб./шт.*дн.)
Время доставки	0,5	дн.
Принятый размер заказа	13	шт.

РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ		
Параметры	Значение	Единицы измерения
Размер заказа	14	шт.
Затраты на управление запасами	394,05	руб./дн.
Период поставки	1,4	дн.
Точка заказа	5	шт.

Рисунок 6 – Стратегия управления запасами при автомобильных перевозках

Если использовать два автомобиля большей грузоподъемности, то оптимальным объемом заказа будет 14 изделий, период поставки составит 1,4 дня, заказывать нужно в момент, когда на складе остается 5 единиц запаса.

Стратегия управления запасами при железнодорожных перевозках

приведена на следующем рисунке.

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with the following data:

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ		
Параметры	Значение	Единицы измерения
Интенсивность потребления	9	шт./дн.
Затраты на оформление заказа	34,9	руб.
Затраты на доставку заказа	1408	руб.
Затраты на хранение запаса	29	руб./шт.*дн.)
Время доставки	1,5	дн.
Принятый размер заказа	30	шт.
РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ		
Параметры	Значение	Единицы измерения
Размер заказа	30	шт.
Затраты на управление запасами	867,87	руб./дн.
Период поставки	3,3	дн.
Точка заказа	14	шт.

Рисунок 7– Стратегия управления запасами при железнодорожных перевозках

Как видно из данных расчета, при железнодорожных перевозках возрастает период поставки и точка заказа, но значительно увеличиваются затраты на запасы. Таким образом, для данного вида изделий выгоднее автомобильные перевозки.

3. Ситуационные задачи для практических работ по дисциплине «Теория массового обслуживания в инновационном менеджменте»

1. Интенсивность потока пассажиров в кассах железнодорожного вокзала составляет $\lambda = 1,35$ чел. в мин. Средняя продолжительность обслуживания кассиром одного пассажира $\bar{T}_{об} = 2$ мин. Определить нагрузку системы:

- а) 2,7
- б) 2
- в) 4,8

2.

Интенсивность потока пассажиров в кассах железнодорожного вокзала составляет $\lambda = 1,35$ чел. в мин. Средняя продолжительность обслуживания кассиром одного пассажира $\bar{T}_{об} = 2$ мин. Определить минимальное количество кассиров $n = n_{min}$, при котором очередь не будет расти до бесконечности:

- а) 3
- б) 2

в)4

3. На автоматизированную сортировочную станцию прибывают составы с интенсивностью 0,9 состава в час. Среднее время обслуживания одного состава 0,7 часа. Нагрузка системы:

а)0,84

б)0,63

в)1,11

4. На автоматизированную сортировочную станцию прибывают составы с интенсивностью 0,9 состава в час. Среднее время обслуживания одного состава 0,7 часа. Интенсивность потока обслуживаний:

а)0,867

б)1,429

в)2,131

4. Интенсивность потока автомашин, перевозящих грузы и подлежащих прохождению таможенного контроля, составляет 50 шт. в сутки. Среднее время таможенной обработки на терминале одной автомашины составляет 2,8 часа. Максимальная очередь на прохождении таможенного контроля должна быть не более 8 автомашин. Определить, какое количество терминалов надо открыть на таможне, чтобы вероятность простоя автомашин была минимальна.

6. Около магазина имеется парковка для 7 машин. Автомашины подъезжают к магазину с интенсивностью 40 машин в час. Продолжительность нахождения на автостоянке составляет в среднем 20 мин. Стоянка на проезжей части улицы не допускается. Определить характеристики работы парковки.

7. Автозаправочная станция имеет 4 бензоколонки. Среднее время заправки 2 мин. Входящий поток автомашин - простейший с интенсивностью 1,5 авт./мин. При всех занятых колонках требование теряется. Определите вероятность отказа и среднее число занятых колонок.

8. Платная стоянка для легковых машин имеет 7 мест. Найдите вероятность того, что прибывшая машина найдет свободное место, если машины в среднем прибывают через 10 мин. а занимают место на стоянке в среднем 1ч.

9. В порту имеется один причал для разгрузки судов. Интенсивность потока судов равна 0,4 (судов в сутки). Среднее время разгрузки одного судна составляет 2 суток. Предполагается, что очередь может быть неограниченной длины. Найти показатели эффективности работы причала, а также вероятность того, что ожидают разгрузки не более чем 2 судна.

10. На мойку, имеющую три рабочих места, в среднем в час приезжает 12 автомашин. Если в очереди уже находится 6 автомашин, вновь приезжающие автомобили не встают в очередь, а покидают мойку. Среднее время мойки автомашины составляет 20 мин, средняя стоимость услуг мойки - 150 руб. Определить показатели эффективности работы мойки и среднюю величину потери выручки в течение рабочего дня (с 9 до 19 часов).

11. Сборочный участок малого инновационного предприятия производит в один час в среднем 90 шпал LVT. На этом участке работает контролер, который проверяет все собранные шпалы, средняя продолжительность контрольных операций составляет в среднем 1,25 минут. Определить среднее число изделий, ожидающих внимания контролера, и среднее время ожидания изделиями в очереди на проверку, в целях оптимизации производства МИП.

12. Организация имеет одного голосового робота, на которого приходится в среднем 0,4 звонка в минуту. Среднее время разговора 1,3 мин. Считая потоки простейшими, найти абсолютную и относительную пропускные способности справочной организации и вероятность отказа абоненту.

13. Дайте оценку работы роботизированного колл-центра, если он располагает четырьмя голосовыми роботами, за один час поступает в среднем 120 телефонных звонков, а среднее время ответа на звонок составляет 1,2 мин.

14. Инновационный проект создания роботизированного колл-центра рассчитан на телефонные запросы с интенсивностью 80 заявок в час. Голосовой робот отвечает на поступивший звонок в среднем 0,7 мин. Если голосовой робот занят, клиенту выдается сообщение "Ждите ответа", запрос становится в очередь, длина которой не превышает 4 запросов. Дайте оценку инновационного проекта и вариант реорганизации колл-центра.

15. В типографию с тремя множительными аппаратами поступают заказы от соседних предприятий на размножение рабочей документации. Если все аппараты заняты, то вновь поступающий заказ не принимается. Среднее время работы с одним заказом составляет 2 часа. Интенсивность потока - 0,5 заявки в час. Необходимо найти предельные вероятности состояний и показатели эффективности работы типографии.

16. Интенсивность потока деталей из ПКМ для самолётостроения, подлежащих термостатированию, составляет 50 шт. в сутки. Среднее время термостатирования одной детали составляет 2,8 часа. Максимальное число деталей, находящихся на тележке и ожидающих термостатирования после

предыдущей технологической операции, должно быть не более 8 деталей. Определить, какое количество автоклавов необходимо предприятию, чтобы вероятность ожидания была минимальна.

17. Автоклав вмещает 7 деталей из ПКМ. Детали поступают на термостатирование с интенсивностью 40 деталей в час. Цикл термостатирования составляет в среднем 20 мин. Определить характеристики работы участка термостатирования.

18. На производственном участке имеется один верстак подготовки. Интенсивность потока изделий для прохождения данной технологической операции составляет 0.45 штук в минуту. Технологическая операция длится в среднем 2 мин. Определить среднее число изделий и среднее время, затрачиваемое на подготовку изделия.

19. Интенсивность звонков в роботизированный колл-центр составляет $\lambda = 1,35$ чел. в мин. Средняя продолжительность обслуживания голосовым роботом одного звонка $\bar{T}_{об} = 2$ мин. Определить минимальное количество роботов $n = n_{min}$, при котором очередь не будет расти до бесконечности, и соответствующие характеристики обслуживания при $n = n_{min}$

20. На инновационной грузовой станции «Лужская» имеется два цифровизированных выгрузочных фронта. Интенсивность подхода составов под выгрузку составляет 0,4 состава в сутки. Среднее время разгрузки одного состава – 2 суток. Приходящий поезд отправляется на другую станцию, если в очереди на разгрузку стоят более трёх составов. Оценить эффективность работы выгрузочных фронтов грузовой станции.

4. Вопросы для подготовки к экзамену по дисциплине «Теория массового обслуживания в инновационном менеджменте»

1. Предмет, цель и задачи ТМО
2. Роль ТМО в инновационном менеджменте
3. Роль ТМО в оптимизации планирования и организации производства
4. Значение ТМО при проведении технологических исследований и оптимизации операций
5. Классический метод вычисления вероятностей Статистический метод нахождения вероятности
6. Случайные величины Числовые характеристики случайных величин
7. Оценка функции распределения Доверительный интервал Проверка статистической однородности
8. Понятие СМО. СМО в инновационной сфере
9. Основные элементы СМО. Граф состояний СМО

- 10. Вид СМО по критериям входящего и исходящего потока требований
- 11. Вид СМО по критериям обслуживающей системы
- 12. Понятие потока событий. Простейший поток и его свойства
- 13. Пуассоновский поток событий
- 14. Понятие случайного процесса. Характеристики случайного процесса
- Случайные процессы с дискретными состояниями.
 - 15. Марковские и немарковские процессы
 - 16. Предельные вероятности состояний
 - 17. Процессы гибели и размножения
 - 18. Входящий поток требований и его характеристики
 - 19. Исходящий поток требований и характеристики времени обслуживания
 - 20. Одноканальная СМО с ожиданием и ограничением на длину очереди
- Одноканальная СМО с неограниченным ожиданием
 - 21. Замкнутые и разомкнутые СМО
 - 22. Одноканальная СМО с отказами
 - 23. Многоканальная система с отказами (задача Эрланга)
 - 24. Критерии эффективности СМО: экономические и неэкономические
- Оптимизация критериев эффективности СМО
 - 25. Сущность метода Монте-Карло. Последовательность моделирования СМО

5. Тесты для подготовки к зачету по дисциплине

«Теория массового обслуживания в инновационном менеджменте»

1. **Выберите неверное утверждение. Искомыми величинами при использовании метода статистических испытаний являются оценки:...**
 - а) дисперсии случайной величины;
 - б) коэффициентов ковариации или корреляции случайной величины.
 - в) значений случайной величины.
2. **При объединении нескольких независимых простейших потоков образуется также простейший поток с параметром, равным сумме**
 - а) параметров конечных потоков
 - б) потоков Эрланга
 - в) параметров исходных потоков
 - г) потоков Пальма
3. **Показателями эффективности СМО являются:**
 - а) интенсивность потока заявок;
 - б) среднее время обслуживания заявки;
 - в) абсолютная пропускная способность СМО;
4. **Под организацией СМО понимают:**
 - а) число каналов
 - б) правила работы СМО
 - в) характер потока пакетов

- г) производительность пакетов
5. **Задачи теории массового обслуживания состоят в установлении связей между**
- а) эффективностью функционирования СМО и ее организацией
 - б) качеством обслуживания пакетов и скоростью обслуживания
 - в) организацией СМО и качеством обслуживания пакетов
 - г) нет правильного ответа
6. **В деятельности крупного обслуживающего предприятия используется стандартная модель одноканальной СМО с отказами. Интенсивность выходящего потока обслуженных пакетов заказов на предприятии равна:**
- а) абсолютной пропускной способности
 - б) приведенной интенсивности
 - в) относительной пропускной способности
 - г) нет правильного ответа
7. **При моделировании одноканальной СМО с ожиданием считается, что среднее число пакетов в системе – это среднее число пакетов**
- а) в очереди
 - б) под обслуживанием
 - в) в очереди и под обслуживанием
 - г) нет правильного ответа
8. **Вероятностной характеристикой случайного потока заявок служит:**
- а) время поступления заявок;
 - б) интенсивность поступления заявок;
 - в) количество поступивших заявок.
9. **Установите правильную последовательность блоков схемы СМО:**
- а) каналы обслуживания;
 - б) выходящий поток заявок;
 - в) входящий поток заявок;
 - г) очередь.

6. Перечень учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины

1. Экономико-математические методы и прикладные модели [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / В. В. Федосеев [и др.]; ред. В. В. Федосеева. - Экономико-математические методы и прикладные модели ; 2022-03-26. - Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2017. - 302 с. - Лицензия до 26.03.2022. - ISBN 5-238-00819-8. URL: <http://www.iprbookshop.ru/81727.html>
2. Гармаш, Александр Николаевич. Экономико-математические методы и прикладные модели [Текст] : учебник для бакалавриата и магистратуры : рекомендовано УМО / под ред. В. В. Федосеева. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2015 (Москва : Тип. "ТДДС-Столица-8"). -

328 с. - (Бакалавр. Академический курс). - Библиогр.: с. 327-328 (20 назв.). - ISBN 978-5-9916-3874-6 : 412-00.

7. Современные профессиональные базы данных

1. Федеральная служба государственной статистики
Адрес ресурса: <http://www.gks.ru/>
2. Центральный банк Российской Федерации
Адрес ресурса: <http://www.cbr.ru/>
3. Ресурсы издательства World Bank
Адрес ресурса: <https://www.worldbank.org/>
4. РосБизнесКонсалтинг — информационное аналитическое агентство
Адрес ресурса: <https://www.rbc.ru/>
5. Россия и всемирная торговая организация
Адрес ресурса: <https://wto.ru/>
6. Бухгалтерский учет и налоги
Адрес ресурса: <http://businessuchet.ru/>
7. АК&М — экономическое информационное агентство
Адрес ресурса: <http://www.akm.ru/>
8. Bloomberg -Информационно-аналитическое агентство
Адрес ресурса: <https://www.bloomberg.com/europe>
9. CATBACK.RU — Справочник для экономистов
Адрес ресурса: <http://www.catback.ru/>
10. Библиотека конгресса США
Адрес ресурса: <https://www.loc.gov/>
11. Единый портал бюджетной системы Российской Федерации
Адрес ресурса: <http://budget.gov.ru/>
12. Независимый финансовый портал
Адрес ресурса: <https://www.finweb.com/>

Оглавление

Введение.....	3
1. Методические рекомендации по освоению учебного материала по конспекту лекций и дополнительной литературе.....	4
2. Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине «Теория массового обслуживания в инновационном менеджменте».....	6
3. Ситуационные задачи для практических работ по дисциплине «Теория массового обслуживания в инновационном менеджменте».....	19
4. Вопросы для подготовки к зачету по дисциплине «Теория массового обслуживания в инновационном менеджменте».....	22
5. Тесты для подготовки к зачету по дисциплине «Теория массового	23

обслуживания в инновационном менеджменте.....	
6. Перечень учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины.....	24
7. Современные профессиональные базы данных.....	24

ТЕОРИЯ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В ИННОВАЦИОННОЙ СФЕРЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к проведению практических, лабораторных и
самостоятельных работ для студентов
направления подготовки
27.03.05. «Инноватика» всех форм обучения

Составители:

д.э.н., профессор Уварова С.С.

Компьютерный набор С.С. Уварова
Подписано к изданию _____

Объем 373Кб.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20 лет Октября д.84