

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем
Кафедра прикладной математики и информатики



С.И. Эминов

2018 г.

**ТЕОРИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

Учебный модуль по направлению подготовки магистров
01.04.02 – Прикладная математика и информатика
(Профиль – Прикладной анализ данных)

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО

Начальник учебного отдела


О.Б. Широколобова
03 09 2018 г.
число месяц

Разработал

Заведующий кафедрой ПМИ


А.В. Колногоров
подпись
26 06 2018 г.
число месяц

Принято на заседании кафедры ПМИ

Протокол № 10 от 28.06 2018 г.

Заведующий кафедрой


А.В. Колногоров
подпись
28 06 2018 г.
число месяц

1 Цели и задачи учебного модуля

Преподавание учебного модуля (УМ) «Теория и моделирование систем управления и массового обслуживания» ставит своей целью формирование в рамках компетентностного подхода системы знаний по теории и моделированию систем управления и массового обслуживания, умений и навыков решения фундаментальных и прикладных задач методами, используемыми в рассматриваемых разделах прикладной математики.

Для достижения указанной цели решаются следующие задачи:

- формирование у студентов системы знаний, позволяющих решать задачи теории систем и системного анализа и осуществлять их компьютерное моделирование;
- формирование системы знаний в области применения аппарата цепей Маркова с дискретным и непрерывным временем и имитационного моделирования при изучении систем массового обслуживания;
- овладение студентами основными понятиями и теоретическими фактами изучаемого материала;
- формирование у обучающихся умений вычислительного характера, на которых базируется решение типовых заданий УМ;
- актуализация способности студентов использовать полученные знания при решении задач имитационного моделирования;
- стимулирование студентов к самостоятельной деятельности по освоению УМ и формированию необходимых компетенций;
- формирование среды для эффективного изучения основных понятий и применяемых методов.

2 Место учебного модуля в структуре ОП направления подготовки

УМ «Теория и моделирование систем управления и массового обслуживания» относится к вариативной части ФГОС ВО и ОП по направлению подготовки 01.04.02 – «Прикладная математика и информатика», изучается в первом семестре магистерской программы и базируется на знаниях по математическому анализу, линейной алгебре, дифференциальным уравнениям, теории вероятностей и случайных процессов.

Знания методов теории систем используются при анализе устойчивости систем и нахождении эффективных алгоритмов управления. Знания аппарата цепей Маркова с дискретным и непрерывным временем, а также имитационного моделирования, полученные при изучении данного УМ, используются при анализе сложных систем с очередями.

УМ обеспечивает профессиональную подготовку магистров и может использоваться при написании выпускной квалификационной работы.

3 Требования к результатам освоения учебного модуля

Процесс изучения УМ направлен на формирование следующих компетенций:

1. способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение (ОПК 3)
2. способность разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной и проектно-технологической деятельности (ПК 3)
3. способность разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности (ПК 4)

В результате освоения УМ студент должен знать, уметь и владеть:

Компетенция	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ОПК-3	базовый	Основные понятия математического моделирования и программирования для решения профессиональных задач, возникающих в области управления и массового обслуживания	– Определять виды задач и применять методы принятия решений в различных условиях для решения профессиональных задач – использовать современные теории, методы и средства для исследования научных и практических задач; – самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий знания и умения в новых областях знаний; – публично выступать перед различными аудиториями с докладами/сообщениям о проблемах и путях их решения – быть готовым к общению в научной и социально-общественной сферах деятельности; – проводить научные исследования – применять методы прикладной математики и информатики; – работать в научно-исследовательском коллективе.	– Навыками практического применения аппарата теории математического моделирования и реализации изучаемых алгоритмов с помощью современных информационных технологий. – навыками работы с современными программными средствами информационными технологиями для выполнения научных исследований; – навыками применения методов анализа проблем, постановки и обоснования задач научной деятельности – навыками использования методов математического и информационного моделирования для решения научных и прикладных задач; – самостоятельно й научно-исследовательской работы и работы в научном коллективе навыками проведения научных исследований и самостоятельной работы в научном коллективе; - работы с современными программными средствами информационных технологий для выполнения научных исследований.
ПК-3	базовый	основные концепции и теории естественных наук, математики и информатики, понимать основные факты, концепции, принципы, теории, связанные с прикладной математикой и информатикой; основные методы	демонстрировать базовые знания, принципиальные теории прикладной математики и информатики при проведении анализа. Корректно проводить научно-исследовательскую работу в области прикладной математики и информатики, правильно	основными методами проведения научно-исследовательской работы, связанной с математическим моделированием естественных процессов; методами практического анализа данных; математическими методами, системным и

Компетенция	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
		ведения научно-исследовательской работы, методологию получения теоретических и прикладных результатов; основные математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной и проектно-технологической деятельности в области управления и массового обслуживания.	подбирая методы исследования; проводить научные исследования и выполнять проектные работы; получать новые научные и прикладные результаты, программные продукты; решать стандартные задачи, возникающие в выбранной сфере научной и проектно-технологической деятельности.	прикладным программным обеспечением для решения задач научной и проектно-технологической деятельности
ПК-4	базовый	основные способы формализации цели исследования и методы ее достижения; современные информационные технологии, применяемые в практическом анализе данных; подходы к разработке и анализу концептуальных и теоретических моделей научных проблем и решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности.	разрабатывать концептуальные и теоретические модели научных и практических проблем, связанных с проблемами принятия решений и проблемой выбора; реализовать математические методы практического анализа данных: формализовать исходную проблему, построить математическую модель, решить модель, проверить адекватность модели и реализовать решение; решать задачи проектной и производственно-технологической деятельности в сфере управления и массового обслуживания.	навыками формализации цели исследования и методами ее достижения; навыками самосовершенствования на основе современных образовательных технологий; современными информационными технологиями, применяемыми в практическом анализе данных; практическим анализом данных; методами решения задач проектной и производственно-технологической деятельности в сфере управления и массового обслуживания.

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость учебного модуля

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
		1	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕТ)	6	6	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):			ОПК-3 ПК-3 ПК-4
- лекции	9	9	
- практические занятия (семинары), в том числе	36	36	
<i>аудиторная СРС</i>	9	9	
- внеаудиторная СРС	135	135	
Аттестация:			
- экзамен	36	36	

4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

УЭМ1. *Теория и моделирование систем управления*

Устойчивость, управляемость, наблюдаемость. Критерии устойчивости линейных систем и нелинейных систем. Понятие и критерий управляемости линейной системы с постоянными параметрами. Критерий наблюдаемости линейной системы с постоянными параметрами. Понятие наблюдателя.

Алгоритмы управления и наблюдения и синтез систем на основе типовых звеньев. Улучшение динамических свойств линейных систем с помощью обратной связи. Задача линейного оптимального управления. Задача об оптимальном линейном наблюдателе. Фильтр Калмана-Бьюси. Типовые динамические звенья не выше второго порядка. Передаточные функции и структурные схемы типовых динамических звеньев. Временные и частотные характеристики. Структурная схема и передаточная функция линейной системы. Разложения передаточной функции. Синтез систем на основе последовательного и параллельного соединения типовых динамических звеньев.

Моделирование систем управления. Использование системы ТРИК для моделирования линейных систем управления. Выбор оптимальных параметров ПИД-регулятора.

УЭМ2. *Теория и моделирование систем массового обслуживания (СМО)*

Системы массового обслуживания с дискретным временем. Общие характеристики систем массового обслуживания. Типовая структура системы массового обслуживания. Поток заявок, время и дисциплина обслуживания, очередь, эффективность системы. Классификация систем. Система массового обслуживания как цепь Маркова. Нахождение предельного распределения, если вероятности поступления новых требований и освобождения каналов малы. Одноканальная и m-канальная системы с одинаковой производительностью каналов. Распределение Эрланга. Системы с ограниченной и неограниченной очередью. Системы массового обслуживания с различной производительностью каналов. Системы с ограничением времени ожидания в очереди.

Системы массового обслуживания с непрерывным временем. Система с простым потоком заявок и экспоненциальным временем обслуживания как цепь Маркова с непрерывным временем. Прямые и обратные дифференциальные уравнения Колмогорова для системы массового обслуживания. Одноканальная и m-канальная системы с одинаковой производительностью каналов. Распределение Эрланга. Системы с конечной и бесконечной очередью. Средняя длина очереди и среднее время ожидания. Условия

неограниченного роста длины очереди. Коэффициент нагрузки системы. Система с ожиданием и ограниченным потоком требований. Система с ожиданием и с ограниченным временем пребывания в очереди. Система с различной производительностью каналов. Система с бесконечным числом каналов. Численные методы решения дифференциальных уравнений, описывающих систему массового обслуживания.

Имитационное моделирование на основе системы GPSS. Моделирование систем без очереди и с бесконечной очередью. Моделирование многоканальных систем с конечной очередью. Моделирование систем с ограниченным временем ожидания в очереди. Моделирование систем с пуассоновским потоком заявок. Моделирование систем с экспоненциальным временем обслуживания. Моделирование систем с разной производительностью каналов.

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

4.3 Организация изучения учебного модуля

Методические рекомендации по организации изучения УМ с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий даются в Приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра и семестровый – по окончании изучения УМ.

Экзамен по модулю выставляется по результатам изучения УМ в первом семестре. Минимальное количество баллов, необходимых для зачета, – 180. Максимальное количество баллов – 300.

Оценка качества освоения модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с положением «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации».

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (Приложение Б).

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение

Учебно-методическое и информационное обеспечение УМ представлено Картой учебно-методического обеспечения (Приложение Г).

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для осуществления образовательного процесса по модулю используется лекционная аудитория, занятия, посвященные применению ЭВМ для имитационного моделирования, проводятся в компьютерном классе, либо в аудитории, оборудованной мультимедийными средствами.

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля

Б – Технологическая карта

В – Карта учебно-методического обеспечения УМ

Г – Лист внесения изменений

Приложение А (обязательное)

Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля «Теория и моделирование систем управления и массового обслуживания»

Учебный модуль (УМ) «Теория и моделирование систем управления и массового обслуживания» предполагает изучение основных дидактических единиц, указанных в пункте 4.2 рабочей программы, которые в свою очередь разделены на несколько тем (далее разделы), по которым предусмотрены лекционные и практические занятия.

Первый раздел (УЭМ1) предусматривает введение обучающихся в предмет УМ, их знакомство с общими сведениями об управлении. Кроме этого, студентам рассказывается о построении УМ, формулируются задачи изучения УМ на лекциях, практических занятиях и самостоятельной работе. Аудиторная и внеаудиторная работы посвящены изучению основных вопросов устойчивости, управляемости и наблюдаемости систем управления, формированию систем управления на основе элементарных типовых звеньев и моделированию систем управления.

УЭМ2 посвящен изучению теории и моделированию СМО. Рассматриваются общие характеристики систем массового обслуживания, дается типовая структура системы массового обслуживания, основные понятия теории массового обслуживания (поток заявок, время и дисциплина обслуживания, очередь, эффективность системы). Вводится классификация систем СМО. Подробно рассматриваются СМО с дискретным и непрерывным временем. Особое внимание уделяется имитационному моделированию на основе системы GPSS.

В таблице А.1 отражены разделы модуля, технологии и формы проведения занятий, задания по самостоятельной работе студента и ссылки на дополнительную литературу. Содержание и структура разделов представлена в п. 4.2 рабочей программы УМ.

А.1 Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля

Теоретическая часть модуля направлена на формирование системы знаний об основных понятиях и методах теории и моделирования систем управления и массового обслуживания. Основное содержание теоретической части излагается преподавателем на лекционных занятиях и в курсе дистанционного обучения, а также усваивается студентом при знакомстве с дополнительной литературой, которая предназначена для более глубокого овладения знаниями основных дидактических единиц соответствующего раздела и указана в таблице А.1. Основная литература для изучения УМ указана в Приложении Г к рабочей программе.

А.2 Методические рекомендации по практическим занятиям

Цель практических занятий – формирование у студентов навыков решения задач с использованием основных понятий теории и моделирования систем управления и массового обслуживания, овладение методами указанных разделов прикладной математики.

Практические занятия включают в себя аудиторное время

- предназначенное для объяснения решения типовых задач или заданий преподавателем у доски;
- самостоятельное решение задач студентами;
- разбор типовых ошибок при решении задач или подведение итогов в конце текущего занятия.

А.3 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Методические рекомендации по СРС состоят из текстов примерных задач, упражнений и других заданий, выполняемых в рамках аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы, в том числе, в курсе дистанционного обучения.

Таблица А.1 – Организация изучения учебного модуля «Теория и моделирование систем управления и массового обслуживания»

Номер и наименование УЭМ	Технология и форма проведения занятий, СРС	Задания на СРС	Дополнительная литература и Интернет-ресурсы ¹
УЭМ1 Теория и моделирование систем управления	- вводная лекция, - информационная лекция, - обзорно-проблемная лекция, - решение задач, - моделирование, - работа в малых группах, - работа с источниками по темам УМ, - обсуждением результатов, - выполнение индивидуальных заданий.	- используя основную, дополнительную литературу и Интернет-ресурсы, изучить основные дидактические единицы раздела (внеауд. СРС), - решить типовые задачи и упражнения по теме (ауд. и внеауд. СРС), - выполнить индивидуальное задание (внеауд. СРС)	[[1] Антонов А.В. Системный анализ : Учеб.для вузов. - М. : Высшая школа, 2004. – 451 с. [2] Первозванский А. А. Курс теории автоматического управления : учеб. пособие - 2-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. – 615 с. [3] Жабко А.П. Сборник задач и упражнений по теории управления. Стабилизация программных движений : Учеб. пособие для вузов. - М. : Высшая школа, 2003. – 285 с.

УЭМ2 Теория и моделирование систем массового обслуживания	- вводная лекция, - информационная лекция, - обзорно-проблемная лекция, - решение задач, - моделирование, - работа в малых группах, - работа с источниками по темам УМ, - обсуждением результатов, - выполнение индивидуальных заданий.	- используя основную, дополнительную литературу и Интернет-ресурсы, изучить основные дидактические единицы раздела (внеауд. СРС), - решить типовые задачи и упражнения по теме (ауд. и внеауд. СРС), - выполнить индивидуальное задание (внеауд. СРС)	[4] Вероятностные разделы математики : учеб. для бакалавров техн. направлений / Под общ. ред. Ю.Д.Максимова. - СПб. : Иван Федоров, 2001. - 588с. : ил. - Библиогр.:с.587-588. - ISBN 5-81940-050-X : (в пер.) : 143.00. Также дополнительная литература и учебно-методические материалы, включая учебные пособия и методические рекомендации, размещены в курсе дистанционного обучения «Теория и моделирование систем массового обслуживания» на портале moodle.novsu.ru
--	---	---	--

А.3.1 Задания для аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы студентов, УЭМ1:

СРС-1.1 – проверить асимптотическую устойчивость линейной системы с постоянными параметрами методами Рауса и Гурвица;

СРС-1.2 – проверить асимптотическую устойчивость линейной системы с постоянными параметрами графическими методами Михайлова и Найквиста;

СРС-1.3 – проверить управляемость линейной системы с постоянными параметрами;

СРС-1.4 – для вполне управляемой линейной системы с постоянными параметрами построить устойчивое управление с обратной связью;

СРС-1.5 – решить задачу на линейный оптимальный регулятор;

СРС-1.6 – проверить наблюдаемость линейной системы;

СРС-1.7 – для вполне наблюдаемой линейной системы построить устойчивый наблюдатель;

СРС-1.8 – синтезировать линейную систему управления на основе элементарных звеньев, объединенных последовательно;

СРС-1.9 – синтезировать линейную систему управления на основе элементарных звеньев, объединенных параллельно;

ИЗ-1.1 – решить систему задач по материалам темы 1;

ИЗ-1.2 – решить систему задач и выполнить имитационное моделирование по материалам темы 2, 3.

А.3.2 Задания для аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы студентов, УЭМ2:

СРС-2.1 – рассчитать характеристики СМО без очереди в дискретном времени;

СРС-2.2 – рассчитать характеристики СМО с ограниченной очередью в дискретном времени;

СРС-2.3 – рассчитать характеристики СМО с неограниченной очередью в дискретном времени;

СРС-2.4 – промоделировать в GPSS СМО без очереди, с ограниченной и неограниченной очередью;

СРС-2.5 – промоделировать в GPSS СМО с каналами разной производительности;

СРС-2.6 – промоделировать в GPSS СМО с ограничением времени пребывания в очереди и с экспоненциальным временем обслуживания;

СРС-2.7 – рассчитать характеристики СМО без очереди в непрерывном времени;

СРС-2.8 – рассчитать характеристики СМО с ограниченной очередью в непрерывном времени;

СРС-2.9 – рассчитать характеристики СМО с неограниченной очередью в непрерывном времени;

ИЗ-2.1 – решить систему задач по материалам тем 1 и 2 (СМО с дискретным и непрерывным временем);

ИЗ-2.2 – провести имитационное моделирование нескольких СМО по материалам темы 3 (Имитационное моделирование на основе системы GPSS).

А.3.3 Индивидуальное задание № 1.1 по УЭМ1, тема «Устойчивость, управляемость, наблюдаемость»

Индивидуальное задание содержит 4 задачи:

1. Задача проверки устойчивости линейной системы, заданной матрицей с постоянными коэффициентами.

2. Задача на проверку устойчивости линейного многочлен методами Рауса и Гурвица.

3. Задача на проверку устойчивости линейного многочлен методами Михайлова и

Найквиста

4. Задача на проверку управляемости и наблюдаемости линейных систем.

Примерные задачи индивидуального задания №1.1:

1. Исследовать на устойчивость систему с постоянной матрицей

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 0 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2. Исследовать на устойчивость с помощью критерия Рауса и Гурвица многочлены
 $D(s) = s^5 + 2s^4 + s^3 + s^2 + 2s + 1$ $D(s) = 4s^4 + 4s^3 + 3s^2 + 2s + 1$

3. Исследовать на устойчивость с помощью критерия Михайлова многочлены
 $D(s) = 2s^4 + s^3 + s^2 + 2s + 1$ $D(s) = 3s^2 + s + 1$

4. Проверить управляемость и наблюдаемость линейной системы с постоянными параметрами:

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 0 \\ 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \cdot x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \\ 2 \end{bmatrix} \cdot u(t), \quad y(t) = [0 \quad 2 \quad 3] \cdot x(t)$$

А.3.4 Индивидуальное задание № 1.2 по УЭМ1, темы «Алгоритмы управления и наблюдения и синтез систем на основе типовых звеньев» и «Моделирование систем управления»

Индивидуальное задание содержит 4 задачи:

1. Для вполне управляемой линейной системы сформировать устойчивое управление с обратной связью с заданными характеристиками и выполнить имитационное моделирование.

2. Для вполне наблюдаемой линейной системы сформировать устойчивый наблюдатель с заданными характеристиками и выполнить имитационное моделирование.

3. Выполнить синтез линейной системы на основе типовых звеньев объединенных последовательно и провести имитационное моделирование.

4. Выполнить синтез линейной системы на основе типовых звеньев объединенных параллельно и провести имитационное моделирование.

Примерные задачи индивидуального задания №1.2:

1. Дана система

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot x(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot u(t).$$

Проверьте, что система полностью управляема и определите такое управление с обратной связью $u(t) = -F \cdot x(t) + u'(t)$, что оба собственных значения матрицы $A - BF$ будут равны

-1. Выполните имитационное моделирование.

2. Дана система

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \cdot x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot u(t), \quad y(t) = [1 \quad 1] \cdot x(t)$$

Проверьте, что система полностью наблюдаема и определите такой наблюдатель $\hat{\dot{x}}(t) = A \cdot \hat{x}(t) + B \cdot u(t) + K \cdot (y(t) - C \cdot \hat{x}(t))$, что оба собственных значения матрицы $A - KC$ будут равны -2. Выполните имитационное моделирование.

3. Для системы, заданной передаточной функцией

$$G(s) = \frac{s^2 + 4s + 5}{s^3 + 6s^2 + 11s + 6}$$

выполнить синтез на основе типовых звеньев, объединенных последовательно. Выполнить имитационное моделирование.

4. Для системы, заданной передаточной функцией

$$G(s) = \frac{s^2 + 12s + 11}{s^3 + 6s^2 + 11s + 6}$$

выполнить синтез на основе типовых звеньев, объединенных параллельно. Выполнить имитационное моделирование.

А.3.5 Индивидуальное задание № 2.1 по УЭМ2, темы «Системы массового обслуживания с дискретным временем» и «Системы массового обслуживания с непрерывным временем»

В первых трех задачах всех вариантов рассматриваются системы массового обслуживания (СМО) с дискретным временем. Вероятность поступления заявки в каждый момент времени равна α , вероятность освобождения занятого канала β , причем $\alpha \ll 1$ и $\beta \ll 1$. Требуется начертить граф цепи Маркова с указанием вероятностей переходов между состояниями, написать систему для определения предельных вероятностей и ее решение.

Четвертая задача – на повторение стандартных распределений теории вероятностей.

В задачах 5-8 рассматриваются системы массового обслуживания (СМО) с непрерывным временем. Поток заявок на обслуживание простейший с плотностью λ , время обслуживания заявки экспоненциально с параметром μ . Требуется начертить граф марковской цепи с указанием плотностей переходных вероятностей, написать систему дифференциальных уравнений для определения вероятностей нахождения системы в различных состояниях и ее стационарное решение.

Примерные задачи индивидуального задания №2.1:

1. Рассмотреть СМО с отказами и 5 каналами. Написать выражения для вероятности отказа, среднего числа занятых каналов.
2. Рассмотреть СМО с 2 каналами и очередью на 2 заявки. Написать выражения для вероятности отказа, среднего числа свободных каналов, средней длины очереди.
3. Рассмотреть СМО с 3 каналами и бесконечной очередью. Написать выражения для среднего числа свободных каналов, средней длины очереди, вероятности того, что система свободна.
4. В партии из 2000 деталей 100 бракованных. Оценить вероятность того, что в партии из 100 деталей бракованных не более трех.
5. Рассмотреть СМО с отказами и 3 каналами. Написать выражения для вероятности отказа, среднего числа занятых каналов.

6. Рассмотреть СМО с 2 каналами и очередью на 2 заявки. Написать выражения для вероятности отказа, среднего числа свободных каналов, средней длины очереди.
7. Рассмотреть СМО с 2 каналами и бесконечной очередью. Написать выражения для среднего числа свободных каналов, средней длины очереди, вероятности того, что система свободна.
8. Рассмотреть СМО, описывающую работу 2-х станков и 2-х ремонтников.

Индивидуальные задания различаются параметрами α , β и λ , μ соответственно. Численные значения параметров даются преподавателем при описании требований к выполнению индивидуального задания.

А.3.6 Индивидуальное задание № 2.2 по УЭМ2, тема «Имитационное моделирование на основе системы GPSS»

Индивидуальное задание предполагает моделирование СМО на основе системы GPSS, варианты и формулировки заданий, а также методические указания и рекомендации по выполнению данных заданий находятся в открытом доступе для студентов, в частности, размещены в курсе дистанционного обучения на портале НовГУ.

А.3.7 Примерные контрольные вопросы для проверки теоретических знаний (вопросы к экзамену)

УЭМ1

1. Устойчивость линейных систем. Критерии Рауса и Гурвица.
2. Устойчивость линейных систем. Критерии Михайлова и Найквиста.
3. Устойчивость нелинейных систем. Теоремы Ляпунова.
4. Управляемость линейных систем. Критерий управляемости.
5. Управление линейной системой с помощью обратной связи. Обеспечение устойчивости.
6. Задача линейного оптимального управления.
7. Установившееся решение задачи оптимального управления.
8. Наблюдаемость линейных систем. Критерий наблюдаемости.
9. Понятие и свойства наблюдателя
10. Линейное наблюдение с обратной связью.
11. Оптимальный линейный наблюдатель. Фильтр Каллмана-Бьюси.
12. Преобразование Лапласа и типовые динамические звенья линейных систем
13. Передаточные функции линейных систем.
14. Синтез систем на основе типовых звеньев.

УЭМ2

1. Общие характеристики систем массового обслуживания (СМО).
2. Классификация СМО.
3. СМО с дискретным временем как конечная цепь Маркова. Нахождение предельного распределения в случае малых вероятностей поступления и обслуживания требований.
4. СМО с дискретным временем с отказами. Распределение Эрланга.
5. СМО с дискретным временем с ограниченной и неограниченной очередью.
6. СМО с дискретным временем с различной производительностью каналов.
7. Прямые и обратные дифференциальные уравнения Колмогорова для марковских цепей с непрерывным временем. Стационарное распределение вероятностей, условия его

- существования и методы отыскания.
8. Классические примеры: марковских цепей с непрерывным временем: пуассоновский процесс, ветвящиеся процессы.
 9. Система с экспоненциальным временем обслуживания как цепь Маркова с непрерывным временем. Прямые и обратные дифференциальные уравнения Колмогорова для системы массового обслуживания.
 10. СМО с непрерывным временем с отказами. Дисциплина обслуживания: системы с отказами и ее характеристики. Распределение Эрланга.
 11. СМО с непрерывным временем с очередью и смешанного типа. Средняя длина очереди и среднее время ожидания. Условия неограниченного роста длины очереди. Коэффициент нагрузки системы.
 12. СМО с непрерывным временем с очередью и ограниченным потоком требований.
 13. СМО с непрерывным временем с очередью и с ограниченным временем пребывания в очереди.
 14. СМО с непрерывным временем с различной производительностью каналов.

Пример экзаменационного билета

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Кафедра прикладной математики и информатики
Экзаменационный билет № 1

Учебный модуль «Теория и моделирование систем управления и массового обслуживания»

Для направления подготовки магистров 01.04.02 – «Прикладная математика и информатика»

1. Устойчивость линейных систем. Критерии Рауса и Гурвица.
2. Общие характеристики систем массового обслуживания (СМО).
3. Задача на проверку управляемости и наблюдаемости линейных систем.
4. Рассмотреть СМО с дискретным временем с 2 каналами и очередью на 2 заявки. Написать выражения для вероятности отказа, среднего числа свободных каналов, средней длины очереди.

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой КПМИ

А.В. Колногоров

Приложение Б

(обязательное)

Технологическая карта

учебного модуля «Теория и моделирование систем управления и массового обслуживания»

семестр – 1, ЗЕТ – 6, вид аттестации – ЭКЗ, акад.часов – 216, баллов рейтинга – 300

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ неде- ли сем.	Трудоемкость, ак.час					Форма текущего контроля успев. (в соотв. с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия				СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС			
УЭМ1 Теория и моделирование систем управления	1-9	5	18	-	4	81	работа с литературой	15
							работа в малых группах	40
							индивидуальные задания	70
Рубежный контроль	9							125
УЭМ2 Теория и моделирование систем массового обслуживания	10-18	4	18	-	5	90	работа с литературой	15
							работа в малых группах	40
							индивидуальные задания	70
Семестровый контроль	18	не менее 180 баллов из 300						
Сессия		экзамен						50
Итого:		9	36	-	9	171		300

Критерии оценки качества освоения студентами дисциплины

(в соответствии с Положениями «Об организации учебного процесса по образовательным программам высшего образования» и «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации»):

- удовлетворительно – 180 – 209 баллов
- хорошо – 210 – 269 баллов
- отлично – 270 – 300 баллов

Приложение В

(обязательное)

Карта учебно-методического обеспечения

Учебного модуля «Теория и моделирование систем управления и массового обслуживания»

Направление (специальность): 01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Формы обучения: очная

Курс – 1 Семестры – 1

Часов: всего – 216, лекций – 9, практ. зан. – 36; внеаудиторная СРС – 171, в том числе, экзамен – 36

Обеспечивающая кафедра: Прикладной математики и информатики

Таблица 1- Обеспечение учебного модуля учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
[1] Антонов А.В. Системный анализ : Учеб.для вузов. - М. : Высшая школа, 2004. – 451 с.	7	
[2] Первозванский А. А. Курс теории автоматического управления : учеб. пособие - 2-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. – 615 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://e.lanbook.com/reader/book/68460/#1	20	ЭБС Лань
[3] Жабко А.П. Сборник задач и упражнений по теории управления. Стабилизация программных движений : Учеб.пособие для вузов. - М. : Высшая школа, 2003. – 285 с.	12	
[4] Вероятностные разделы математики : учеб. для бакалавров техн. направлений / Под общ. ред. Ю.Д.Максимова. - СПб. : Иван Федоров, 2001. - 588с. : ил. - Библиогр.:с.587-588. - ISBN 5-81940-050-X : (в пер.) : 143.00.	13	
Учебно-методические издания		
[5] Теория и моделирование систем управления и массового обслуживания: Рабочая программа учебного модуля по направлению подготовки 01.04.02 - Прикладная математика и информатика / Сост. А.В.Колногоров; НовГУ. – Великий Новгород, 2018. - 18 с.	–	–
[6] Модели и свойства линейных систем управления: учебное пособие / А. В. Колногоров ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2017. - 60 с. : ил. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-2869	20	БиблиоТех
[7] Моделирование систем массового обслуживания : сб. лаб. работ для студентов спец. 220400 / сост. В. В. Дронов ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Новгород, 1996. - 46с. - Библиогр.:с.45. - 835.00.	1	

Таблица 2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
Курс ДО «Теория и моделирование систем массового обслуживания»	moodle.novsu.ru	
Система имитационного моделирования GPSS, GPSS World Student Version	http://gpss.ru/ http://www.minutemansoftware.com/downloads.asp	

Таблица 3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Волкова В. Н., Денисов А. А. Теория систем и системный анализ : учебник для вузов.- М. : Юрайт, 2010. - 678 с.	2	
Пантелеев А.В. Теория управления в примерах и задачах : Учеб. пособие для вузов. - М. : Высшая школа, 2003. – 582 с.	2	

Действительно для учебного года _____ / _____

Зав. кафедрой _____
подпись И.О.Фамилия

_____ 20..... г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ:

_____ должность _____ подпись _____ расшифровка

Приложение Г
Лист внесения изменений

Номер изменения	Номер и дата распорядительного документа о внесении изменения	Дата внесения изменения	Ф.И.О. лица, внесшего изменение	Подпись