

ФГБОУ ВО «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»
СИБАЙСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) УУНТ
ЕСТЕСТВЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Утверждено:

на заседании кафедры
протокол № 11 от «31» мая 2023 г.

И.о. зав.кафедрой Г / Гумеров И.С.

Согласовано:

Председатель УМК естественно-
математического факультета

Ильбулова Г.Р.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ**

(наименование дисциплины)

Часть, формируемая участниками образовательных отношений

(обязательная часть или часть, формируемая участниками образовательных отношений, факультатив)

программа бакалавриата

Направление подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

(указывается код и наименование направления подготовки)

Направленность (профиль) подготовки

Прикладная математика и информационные технологии

(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация

бакалавр

(указывается квалификация)

Разработчик (составитель)

доцент, к.ф.-м.н.,

(должность, ученая степень, ученое звание)

Беликова О.Н.

Для приема: 2023 г.

Сибай 2023 г.

Составитель: Беликова О.Н.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры прикладной математики и информационных технологий, протокол № 11 от «31» мая 2023 г.

И.о. заведующего кафедрой

 / Гумеров И.С./

Дополнения и изменения, внесенную в рабочую программу дисциплины

утверждены на заседании кафедры

протокол №__ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ /

Дополнения и изменения, внесенную в рабочую программу дисциплины

утверждены на заседании кафедры

протокол №__ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ /

Дополнения и изменения, внесенную в рабочую программу дисциплины

утверждены на заседании кафедры

протокол №__ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ /

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
 - 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине
 - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.
 - 4.3. Рейтинг-план дисциплины
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
 - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
 - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

Категория (группа) компетенций	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
Профессиональные компетенции	ПК-2: Владеет навыками обучения по предмету математика.	ПК-2.1. Знает: -основы математической теории и перспективных направлений развития современной математики; -представление о широком спектре приложений математики и знание доступных обучающимся математических элементов этих приложений; -теорию и методику преподавания математики; -специальные подходы и источники информации для обучения математике детей, для которых русский язык не является родным и ограничено используется в семье и ближайшем окружении.	Знать: -основы математической теории и перспективных направлений развития современной математики; -представление о широком спектре приложений математики и знание доступных обучающимся математических элементов этих приложений; -теорию и методику преподавания математики; -специальные подходы и источники информации для обучения математике детей, для которых русский язык не является родным и ограничено используется в семье и ближайшем окружении.
		ПК-2.2. Умеет: - совместно с обучающимися строить логические рассуждения (например, решение задачи) в математических и иных контекстах, понимать рассуждение обучающихся; -анализировать предлагаемое обучающимся рассуждение с результатом: подтверждение его правильности или нахождение ошибки и анализ причин ее возникновения; помогать обучающимся в самостоятельной локализации ошибки, ее исправлении; оказывать помощь в улучшении (обобщении, сокращении, более ясном изложении) рассуждения -формировать у обучающихся убеждение в абсолютности математической истины и математического доказательства, предотвращать формирование модели поверхностной имитации действий, ведущих к успеху,	Уметь: - совместно с обучающимися строить логические рассуждения (например, решение задачи) в математических и иных контекстах, понимать рассуждение обучающихся; -анализировать предлагаемое обучающимся рассуждение с результатом: подтверждение его правильности или нахождение ошибки и анализ причин ее возникновения; помогать обучающимся в самостоятельной локализации ошибки, ее исправлении; оказывать помощь в улучшении (обобщении, сокращении, более ясном изложении) рассуждения -формировать у обучающихся убеждение в абсолютности математической истины и математического доказательства, предотвращать формирование модели поверхностной имитации действий, ведущих к успеху,

		без ясного понимания смысла; поощрять выбор различных путей в решении поставленной задачи.	без ясного понимания смысла; поощрять выбор различных путей в решении поставленной задачи.
		ПК-2.3. Владеет: - способностью логического рассуждения и коммуникации, установки на использование этой способности, на ее ценность; -способностью постижения основ математических моделей реального объекта или процесса, применения моделирования для построения объектов и процессов, определения или предсказания их свойств; -навыками формирования конкретных знаний, умений и навыков в области математики и информатики; -навыками формирования внутренней (мысленной) модели математической ситуации (включая пространственный образ); -навыками формирования у обучающихся умения проверять математическое доказательство, приводить опровергающий пример; -навыками формирования у обучающихся умения выделять подзадачи в задаче, перебирать возможные варианты объектов и действий.	Владеть: - способностью логического рассуждения и коммуникации, установки на использование этой способности, на ее ценность; -способностью постижения основ математических моделей реального объекта или процесса, применения моделирования для построения объектов и процессов, определения или предсказания их свойств; -навыками формирования конкретных знаний, умений и навыков в области математики и информатики; -навыками формирования внутренней (мысленной) модели математической ситуации (включая пространственный образ); -навыками формирования у обучающихся умения проверять математическое доказательство, приводить опровергающий пример; -навыками формирования у обучающихся умения выделять подзадачи в задаче, перебирать возможные варианты объектов и действий.

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математическая теория управления» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 8 семестре очной формы обучения и на 5 курсе в 10 семестре очно-заочной формы обучения.

Целью изучений дисциплины является формирование у обучающегося теоретико-прикладных представлений о существующих принципах и методах проектирования систем управления объектами и процессами различной природы, получение навыков в решении практических задач.

Задачи дисциплины: изучение основных понятий теории управления; изучение различных классов задач теории управления и исследование соответствующих математических моделей; освоение методов теории управления; приобретение практических навыков в проектировании систем управления сложными объектами и процессами различной природы.

Для успешного усвоения дисциплины «Математическая теория управления» необходимо иметь хороший уровень подготовки по дисциплинам «Математический анализ», «Алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Математическая теория устойчивости».

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотношенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Код и формулировка компетенции:

ПК – 2 – Владеет навыками обучения по предмету математика.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ПК-2.1. Знает основы математической теории и перспективных направлений развития современной математики; представление о широком спектре приложений математики и знание доступных обучающимся математических элементов этих приложений; теорию и методику преподавания математики; специальные подходы и источники информации для обучения математике детей, для которых русский язык не является родным и ограниченно используется в семье и ближайшем окружении.	Знает основы математической теории и перспективных направлений развития современной математики; представление о широком спектре приложений математики и знание доступных обучающимся математических элементов этих приложений; теорию и методику преподавания математики; специальные	Не знает основ математической теории и перспективных направлений развития современной математики. Не имеет представления о широком спектре приложений математики и знание доступных обучающимся математических элементов этих приложений. Не знает теорию и методику преподавания математики; специальные	Обладает на удовлетворительном уровне знаниями основ математической теории и перспективных направлений развития современной математики. Имеет на удовлетворительном уровне представление о широком спектре приложений математики и знание доступных обучающимся математических элементов этих приложений. Знает на удовлетворительном уровне теорию и методику преподавания математики; специальные подходы и источники	Обладает на хорошем уровне знаниями основ математической теории и перспективных направлений развития современной математики. Имеет на хорошем уровне представление о широком спектре приложений математики и знание доступных обучающимся математических элементов этих приложений. Знает на хорошем уровне теорию и методику преподавания математики; специальные подходы и источники информации для	Обладает на отличном уровне знаниями основ математической теории и перспективных направлений развития современной математики. Имеет на отличном уровне представление о широком спектре приложений математики и знание доступных обучающимся математических элементов этих приложений. Знает на отличном уровне теорию и методику преподавания математики; специальные подходы и источники информации для

	ные подходы и источники информации для обучения математике детей, для которых русский язык не является родным и ограниченно используется в семье и ближайшем окружении.	подходы и источники информации для обучения математике детей, для которых русский язык не является родным и ограниченно используется в семье и ближайшем окружении.	ки информации для обучения математике детей, для которых русский язык не является родным и ограниченно используется в семье и ближайшем окружении.	обучения математике детей, для которых русский язык не является родным и ограниченно используется в семье и ближайшем окружении.	обучения математике детей, для которых русский язык не является родным и ограниченно используется в семье и ближайшем окружении.
ПК-2.2. Умеет - совместно с обучающимися строить логические рассуждения (например, решение задачи) в математических и иных контекстах, понимать рассуждение обучающихся; -анализировать предлагаемое обучающимся рассуждение с результатом: подтверждение его правильности или нахождение ошибки и анализ причин ее возникновения; помогать обучающимся в самостоятельной локализации ошибки, ее исправлении; оказывать помощь в улучшении (обобщении, сокращении, более ясном изложении) рассуждения -формировать у обучающихся убеждение в абсолютности математической истины и математического доказательства, предотвращать формирование модели поверхностной имитации действий, ведущих к успеху, без ясного понимания смысла; поощрять выбор различных путей в решении поставленной задачи.	Умеет использовать фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности.	Не умеет использовать фундаментальные знания, полученные в области математических наук в профессиональной деятельности	Слабо умеет использовать фундаментальные знания, полученные в области математических наук в профессиональной деятельности	Хорошо умеет использовать фундаментальные знания, полученные в области математических наук в профессиональной деятельности	Уверенно умеет использовать фундаментальные знания, полученные в области математических наук в профессиональной деятельности

ПК-2.3. Владеет - способностью логического рассуждения и коммуникации, установки на использование этой способности, на ее ценность; -способностью постижения основ математических моделей реального объекта или процесса, применения моделирования для построения объектов и процессов, определения или предсказания их свойств; -навыками формирования конкретных знаний, умений и навыков в области математики и информатики; -навыками формирования внутренней (мысленной) модели математической ситуации (включая пространственный образ); -навыками формирования у обучающихся умения проверять математическое доказательство, приводить опровергающий пример; -навыками формирования у обучающихся умения выделять подзадачи в задаче, перебирать возможные варианты объектов и действий.	Имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний	Не владеет навыками выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний	Навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний сформированы слабо	Хорошо владеет навыками выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний	Отлично владеет навыками выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний
---	---	--	--	--	---

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК-2.1. Знает: -основы математической теории и перспективных направлений развития современной математики; -представление о широком спектре приложений математики и знание доступных обучающимся математических элементов этих приложений; -теорию и методику преподавания математики; -специальные подходы и источники	Знает: -основы математической теории и перспективных направлений развития современной математики; -представление о широком спектре приложений математики и знание доступных обучающимся математических элементов этих приложений; -теорию и методику преподавания математики; -специальные подходы и источники	Индивидуальный опрос; Групповой опрос; Решение задач; Тесты; Контрольные работы

информации для обучения математике детей, для которых русский язык не является родным и ограниченно используется в семье и ближайшем окружении. ПК2.2. Умеет:	информации для обучения математике детей, для которых русский язык не является родным и ограниченно используется в семье и ближайшем окружении.	
- совместно с обучающимися строить логические рассуждения (например, решение задачи) в математических и иных контекстах, понимать рассуждение обучающихся; -анализировать предлагаемое обучающимся рассуждение с результатом: подтверждение его правильности или нахождение ошибки и анализ причин ее возникновения; помогать обучающимся в самостоятельной локализации ошибки, ее исправлении; оказывать помощь в улучшении (обобщении, сокращении, более ясном изложении) рассуждения -формировать у обучающихся убеждение в абсолютности математической истины и математического доказательства, предотвращать формирование модели поверхностной имитации действий, ведущих к успеху, без ясного понимания смысла; поощрять выбор различных путей в решении поставленной задачи. ПК-2.3. Владеет:	Умеет: - совместно с обучающимися строить логические рассуждения (например, решение задачи) в математических и иных контекстах, понимать рассуждение обучающихся; -анализировать предлагаемое обучающимся рассуждение с результатом: подтверждение его правильности или нахождение ошибки и анализ причин ее возникновения; помогать обучающимся в самостоятельной локализации ошибки, ее исправлении; оказывать помощь в улучшении (обобщении, сокращении, более ясном изложении) рассуждения -формировать у обучающихся убеждение в абсолютности математической истины и математического доказательства, предотвращать формирование модели поверхностной имитации действий, ведущих к успеху, без ясного понимания смысла; поощрять выбор различных путей в решении поставленной задачи.	Индивидуальный опрос; Групповой опрос; Решение задач; Тесты; Контрольные работы
- способностью логического рассуждения и коммуникации, установки на использование этой способности, на ее ценность; -способностью постижения основ математических моделей реального объекта или процесса, применения моделирования для построения объектов и процессов, определения или предсказания их свойств; -навыками формирования конкретных знаний, умений и навыков в области математики и информатики; -навыками формирования внутренней (мысленной) модели математической ситуации (включая пространственный образ); -навыками формирования у обучающихся умения проверять математическое доказательство, приводить опровергающий пример; -навыками формирования у обучающихся умения выделять подзадачи в задаче, перебирать возможные варианты объектов и действий.	Владеет: - способностью логического рассуждения и коммуникации, установки на использование этой способности, на ее ценность; -способностью постижения основ математических моделей реального объекта или процесса, применения моделирования для построения объектов и процессов, определения или предсказания их свойств; -навыками формирования конкретных знаний, умений и навыков в области математики и информатики; -навыками формирования внутренней (мысленной) модели математической ситуации (включая пространственный образ); -навыками формирования у обучающихся умения проверять математическое доказательство, приводить опровергающий пример; -навыками формирования у обучающихся умения выделять подзадачи в задаче, перебирать возможные варианты объектов и действий.	Подготовка докладов (рефератов); Индивидуальный опрос; Групповой опрос; Решение задач; Тесты; Контрольные работы; Вопросы экзамена

Критериями оценивания при *модульно-рейтинговой системе* являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для

экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10)

Шкалы оценивания:

для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»; от 60 до 79 баллов – «хорошо»; от 80 баллов – «отлично».

Рейтинг-план дисциплины

Математическая теория управления

Направление: Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) подготовки: Прикладная математика и информационные технологии

Курс 4, семестр 8

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль 1				
Текущий контроль			10	20
1. Аудиторная работа			3	6
2. Выполнение самостоятельных работ	7	2	7	14
Рубежный контроль			7	15
1. Тест №1	15	1	5	15
Модуль 2				
Текущий контроль			11	20
1. Аудиторная работа			4	6
2. Выполнение самостоятельных работ	7	2	7	14
Рубежный контроль			7	15
1. Тест №2	15	1	7	15
Поощрительные баллы				
2. Выполнение заданий повышенной трудности, подготовка рефератов, докладов и сообщений	10	1	0	10
Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)				
1. Посещение лекционных занятий			0	-6
2. Посещение практических занятий			0	-10
Итоговый контроль				
1. Экзамен			0	30
ИТОГО			35	110

Содержание основных разделов дисциплины

Модуль 1. Введение. Задачи и основные понятия теории управления. Системы автоматического управления.

Задачи теории управления.
 Основные понятия дисциплины.
 Объект управления и управляющее устройство.
 Управляющее и возмущающее воздействия.
 Пространство состояний объекта управления.
 Система управления.
 Структурная схема системы управления.
 Принципы управления.
 Классификация систем управления по различным признакам.
 Статические характеристики систем управления.
 Статическое и астатическое регулирование.
 Динамические системы.
 Математические модели динамических систем.
 Характеристики динамических систем.
 Переходная и импульсная характеристики.
 Передаточная функция, частотная характеристика.
 Линеаризация нелинейных систем.
 Типовые динамические звенья.
 Преобразования структурных схем систем управления.

Модуль 2. Свойства систем автоматического управления. Анализ и синтез систем автоматического управления.

Управляемость и наблюдаемость линейных систем.
 Критерии управляемости и наблюдаемости в пространстве состояний.
 Устойчивость систем управления.
 Критерии устойчивости Гурвица, Михайлова, Найквиста, логарифмический. Качество систем управления.
 Показатели качества в переходном и в установившемся режимах.
 Прямые и косвенные оценки качества управления.
 Определение статической и динамической ошибок системы управления.
 Методы анализа и синтеза систем автоматического управления (САУ).
 Выбор параметров системы по заданной точности процесса регулирования, на основе построения требуемой логарифмической амплитудночастотной характеристики.

Задания для организации текущего контроля

Самостоятельные работы №1 и №2 используются для текущего контроля в модуле 1.

Самостоятельная работа № 1

1. Записать уравнение состояния и выхода многомерной системы в матричной форме

$$\begin{cases} z_1' = z_2 + u, \\ z_2' = -z_1 + 2z_2 - 3u, \end{cases} \quad x_1 = z_2.$$
2. Найти уравнение состояния линейного стационарного звена: $x'' + 3x' + 2x = 3u' + 7u$.
3. Найти операторные многочлены $L(p)$, $M(p)$ и вход $f(x)$ нелинейного стационарного звена:

$$x'' + (x^2 + 1)x' + x = 0.$$
4. Найти уравнение состояния нелинейного стационарного звена: $x'' + (\sin x + 7)x' + x = 0$.
5. Найти выход линейного стационарного звена с начальным условием, если на вход подается функция $u(t)$:

$$x'(t) + x(t) = u(t), \quad x(0) = \frac{1}{2}, \quad u(t) = \begin{cases} 1, & t > 0 \\ 0, & t \leq 0. \end{cases}$$

6. Записать уравнение состояния и выхода многомерной системы в матричной форме

$$\begin{cases} z_1' = z_1 + 2z_2 + u, \\ z_2' = 2z_1 + z_2, \end{cases} \quad x = z_1 + z_2.$$

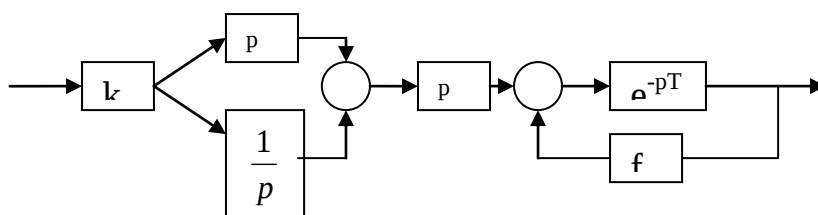
7. Найти выход линейного стационарного звена с начальным условием, если на вход подается функция $u(t)$:

$$x''(t) - 3x'(t) + 2x(t) = u(t), \quad x(0) = 1, \quad x'(0) = 3, \quad u(t) = \begin{cases} 2e^{3t}, & t > 0 \\ 0, & t \leq 0. \end{cases}$$

Критерии оценки (в баллах): за каждую верно решенную задачу, обучающийся получает 1 балл. Максимальное количество баллов за работу: 7 баллов.

Самостоятельная работа №2

1. По блок-схеме написать уравнение связи выхода с входом



2. Написать уравнение состояния звена $5x''' + 10x'' + 2x' + 15x = u'' + 5u' + 20u$.

3. Найти передаточную функцию $W(p)$:

а. $x'''(t) - x''(t-1) + 2x'(t-2) + x(t-1) = u''(t) + 3u'(t-1)$

б.
$$\begin{cases} x' = 2x + 3y - 3u \\ y' = 5x - 2y + 7u \end{cases}$$

4. Проверить устойчивость звена $x''' + 7x'' + 6x' + 10x = 3u' + u$.

5. Найти импульсную характеристику звена $x'' - 3x' + 2x = 10u' + 3u$.

Критерии оценки (в баллах): за каждую верно решенную задачу, обучающийся получает 1,4 балла. Максимальное количество баллов за работу: 7 баллов.

Самостоятельные работы №3 и №4 используются для текущего контроля в модуле 2.

Самостоятельная работа №3

Вариант 1

1. Найти уравнение состояния звена $x''' + 10x'' + 7x' + 2x = u'' + u$.
2. Найти импульсную характеристику звена $x''(t) - 6x'(t) + 8x(t) = 18u'(t) + 6u(t)$.
3. Пользуясь критерием Рауса-Гурвица проверить устойчивость многочлена $z^4 + z^3 + 2z^2 + z + 3 = 0$.
4. Найти импульсно-частотную характеристику $x''(t) - 3x'(t) + 2x(t) = 7u'(t) + u(t)$.
5. Определить, является ли система $\dot{x} = Ax + Bu$ управляемой, $\begin{cases} x' = Ax \\ y = B^T x, \end{cases}$ – наблюдаемой, если:
$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}.$$
6. Найти приближенно выход звена $x''(t) + 4x'(t) - 5x(t) = \cos t$.
7. Найти импульсно-частотную характеристику звена: $x''(t) - 2x'(t) + 4x(t) = u(t)$.

Критерии оценки (в баллах): за каждую верно решенную задачу, обучающийся получает 1 балл. Максимальное количество баллов за работу: 7 баллов.

Самостоятельная работа №4

1. Проверить устойчивость звена $L(p)x = M(p)f(x)$:
 $L(p) = p^2 + 2p + 2, \quad M(p) = 1, \quad f(x) = \sin x.$
2. Найти такие значения параметра k , при которых линейное стационарное звено будет устойчивым: $x''(t) + (2 - k^2)x'(t) + 5kx(t) = 0$.
3. Исследовать на устойчивость тривиальное решение системы:
$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -3y - 2x^3, \\ \frac{dy}{dt} = 2x - 3y^3. \end{cases}$$
4. Проверить устойчивость звена $L(p)x = M(p)f(x)$:
 $L(p) = p^2 - 2p + 3, \quad M(p) = p, \quad f(x) = \cos(2x) - \cos(x).$
5. Определить, какая из систем $x' = Ax + Bu$ является управляемой, если:
 $A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$
6. Исследовать систему на управляемость и наблюдаемость
$$\begin{cases} x_1' = -3x_1 + 5x_2 + u, \\ x_2' = 2x_1 + 2u \end{cases}, \quad y = x_1 - x_2.$$
7. Найти приближенное периодическое решение для нелинейной системы управления:
 $x'' + 2x' - 3x = x^2 + \sin(t). \quad T = 2.$

Критерии оценки (в баллах): за каждую верно решенную задачу, обучающийся получает 1 балл. Максимальное количество баллов за работу: 7 баллов.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Основные виды управляемых объектов
2. Простейшие звенья.

3. Блок-схема управляемого объекта.
4. Описание функционирования линейного звена
5. Множества допустимых входов линейного звена
6. Основные характеристики линейного звена.
7. Понятие импульсной характеристики.
8. Импульсно-частотная характеристика (ИЧХ).
9. Устойчивость линейных звеньев.
10. Устойчивые многочлены и матрицы.
11. Критерий Рауса-Гурвица.
12. Устойчивость нелинейных систем управления.
13. Периодическая задача для интегрального звена первого порядка.
14. Система управления запаздывающего типа.
15. Управляемость в линейных звеньях.
16. Наблюдаемость в линейных системах.
17. Постановка задач оптимального управления.
18. Необходимое условие оптимальности
19. Принцип максимума
20. Применение принципа максимума в задаче об оптимальном быстродействии.
21. Приближенные построения периодических решений. Метод гармонического баланса. Метод экспонент.
22. Приближенное решение двухточечных задач. Метод коллокации. Метод наименьших квадратов.

Список задач к экзамену

1. Найти импульсную характеристику $x'' - 3x' + 2x = 10u' + u$
2. Найти импульсную характеристику $x'' - 6x' + 8x = 18u' + u$
3. Найти импульсную характеристику $x'' - 7x' + 12x = 11u' + u$
4. Найти уравнение состояния $x'' - 3x' + 2x = 10u' + u$
5. Найти уравнение состояния $x'' - 6x' + 8x = 18u' + u$
6. Найти уравнение состояния $x'' - 7x' + 12x = 11u' + u$
7. Определите устойчивость звена $x'' - 3x' + 2x = 10u' + u$
8. Определите устойчивость звена $x'' - 6x' + 8x = 18u' + u$
9. Определите устойчивость звена $x'' - 7x' + 12x = 11u' + u$
10. Определите устойчивость звена, используя критерий Рауса-Гурвица

$$x''' + 2x'' + 3x' + 5x = u.$$
11. Определить является ли система $x' = Ax + Bu$ управляемой.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$$
12. Определить является ли система $x' = Ax + Bu$ управляемой. $A = \begin{pmatrix} 3 & 2 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix}.$
13. Определить является ли система $x' = Ax + Bu$ управляемой. $A = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$
14. Определить является ли система $x' = Ax + Bu$ управляемой. $x_1' = x_2$
 $x_2' = u(t)$
15. Определить является ли система $\begin{matrix} x' = Ax \\ y' = Bx \end{matrix}$ наблюдаемой $A = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad B = (0, 1).$

16. Определить является ли система $\begin{cases} x' = Ax \\ y' = Bx \end{cases}$ наблюдаемой $A = \begin{pmatrix} 3 & 2 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$, $B = (-1, 1)$.
17. Определить является ли система $\begin{cases} x' = Ax \\ y' = Bx \end{cases}$ наблюдаемой $A = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix}$, $B = (1, 1)$.
18. Найти ИЧХ $x'' - 3x' + 2x = 10u' + u$
19. Найти ИЧХ $x'' - 6x' + 8x = 18u' + u$
20. Найти ИЧХ $x'' - 7x' + 12x = 11u' + u$
21. Найти ИЧХ $W = \frac{1}{p-3}$
22. Найти ИЧХ $W = \frac{1}{(p-3-2i)(p-3+2i)}$

Задания для организации рубежного контроля.

Тест №1.

Используется для рубежного контроля в модуле 2. Каждый верный ответ оценивается в 1,5 балла. Максимально возможное количество баллов за тест: 15 баллов. Верные ответы выделены полужирным.

1. По виду управляющего сигнала, вырабатываемого автоматическим регулятором АСР бывают (выберите один ответ):
 1. релейные
 - 2. непрерывные**
 3. дискретные
2. Частотные характеристики можно получить из (выберите один ответ):
 1. функции Хевисайда
 2. дельта-функции
 - 3. передаточной функции**
3. Если объект подчиняется принципу суперпозиции, то он считается (выберите один ответ):
 1. стационарным
 - 2. линейным**
 3. нелинейным
4. Замкнутая АСР с обратной связью реализует принцип регулирования (выберите один ответ):
 1. по возмущению
 - 2. по отклонению**
 3. по заданию
5. Целью регулирования является (выберите один ответ):
 - 1. поддержание регулируемого параметра на заданном значении**
 2. определение ошибки регулирования
 3. выработка управляющих воздействий
6. Передаточной функцией системы называется (выберите один ответ):
 1. отношение выходного сигнала ко входному сигналу
 - 2. отношение преобразованного по Лапласу выходного сигнала к преобразованному по Лапласу входному сигналу**
 3. отношение преобразованного по Лапласу входного сигнала к преобразованному по Лапласу выходному сигналу

7. Зависимость выходного параметра объекта от времени при подаче на вход дельта-функции называется (выберите один ответ):
1. статической характеристикой
 - 2. импульсной характеристикой**
 3. частотной характеристикой
8. Зависимость выходного параметра объекта от входного называется (выберите один ответ):
- 1. статической характеристикой**
 2. импульсной характеристикой
 3. динамической характеристикой
 4. частотной характеристикой
9. Целью функционирования следящей АСР является (выберите один ответ):
- 1. поддержание регулируемого параметра на заданном постоянном значении с помощью управляющих воздействий на объект**
 2. изменение регулируемой величины в соответствии с заранее неизвестной величиной на входе АСР
 3. изменение регулируемой величины в соответствии с заранее заданной функцией
10. $W(i\omega)$ обозначают (выберите один ответ):
1. передаточную функцию
 2. переходную функцию
 - 3. амплитудно-фазовую характеристику**

Критерии оценки (в баллах): максимально возможное количество баллов, которое может набрать студент за рубежный контроль: 15 баллов. Тест №2 содержит 10 вопросов. Каждый вопрос теста оценивается в 1,5 балла.

Темы для докладов, сообщений и рефератов

Подготовка доклада, сообщения или реферата может использоваться для получения поощрительных баллов.

1. Великий русский ученый - А.М.Ляпунов.
2. Найквист – его вклад в развитие ТАУ.
3. Солодовников И.М. – его вклад в развитие теории управления.
4. Цыпкин Я.М. – его вклад в развитие дискретных систем.
5. Воронов – его вклад в развитие теории автоматического управления.
6. Бесекерский – его вклад в развитие теории автоматического управления.
7. Применение имитационного моделирования в расчете настроек регуляторов.
8. Обзор новейших статей в журналах по методам расчётов систем управления.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Юмагулов М.Г. Обыкновенные дифференциальные уравнения: теория и приложения (доп.УМО). М.-Ижевск, 2008.
2. Ильин А.В. , Емельянов С.В. , Коровин С.К. , Фомичев В.В. , Фурсов А.С. Математические методы теории управления. Проблемы устойчивости, управляемости и наблюдаемости . - М. : Физматлит, 2014. – 200 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59700.
3. Демидович Б.П. Моденов В.П. Дифференциальные уравнения. – С.Пб.: Лань, 2008. – 288 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=126.

Дополнительная литература:

4. Жабко, А. П. Дифференциальные уравнения и устойчивость: учебник / А. П. Жабко, Е. Д. Котина, О. Н. Чижова. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1759-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168782> (дата обращения: 27.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Певзнер, Л. Д. Теория систем управления: учебное пособие / Л. Д. Певзнер. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 424 с. — ISBN 978-5-8114-1566-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168877> (дата обращения: 27.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Шабаршина, И. С. Математические основы теории управления: учебник / И. С. Шабаршина, В. В. Корохов, Е. В. Корохова. — Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2016. — 130 с. — ISBN 978-5-9275-2230-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/114466> (дата обращения: 27.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

- 1) Официальный сайт математического портала [allmath.ru](http://www.allmath.ru). Режим доступа: <http://www.allmath.ru/probablytheory.htm>
- 2) Образовательный математический сайт Exponenta. Режим доступа: <http://www.exponenta.ru/>
- 3) Официальный сайт московского центра непрерывного математического образования. Режим доступа: http://www.mathnet.ru/ej.phtml?option_lang=rus
- 4) <http://www.bashlib.ru> – электронный читальный зал БГУ;
- 5) <http://www.e.lanbook.com> – ЭБС издательства Лань;
- 6) <http://www.biblioclub.ru/> - ЭБС "Университетская библиотека ONLINE"
- 7) <http://www.exponenta.ru> – образовательный математический сайт;
- 8) <http://www.mccme.ru> - сайт Московского центра непрерывного образования.

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Аудитория 210	Лекции, практические занятия	Демонстрационное оборудование: доска, проектор – 1 шт., переносной экран – 1 шт. Специализированная мебель: столы, стулья (28 посадочных мест).

ФГБОУ ВО «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»
 СИБАЙСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) УУН_{ИТ}
 ЕСТЕСТВЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

на 8 (10) семестр

очная (очно-заочная)

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144 (4/144)
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	20 (20)
практических/ семинарских	
лабораторных	28 (28)
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2 (1,2)
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	94,8 (67,8)
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/ дифференцированному зачету (контроль)	36 (27)

Форма контроля:

экзамен 8 (10) семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)					Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		Всего	ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СРС			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Вводные понятия теории управления. Преобразователи	18	4 (4)	4 (4)		20 (11,8)	1 - 7	решение задач	работа на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ, выполнение контрольных работ, экзамен
2	Линейные звенья и звенья с обратной связью	20	4 (4)	6 (6)		18 (12)	1 - 7	решение задач	работа на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ, выполнение контрольных работ, экзамен
3	Устойчивость управляемых объектов	20	4 (4)	6 (6)		18 (12)	1 - 7	решение задач	работа на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ, выполнение контрольных работ, экзамен
4	Периодические задачи	16,8	4 (4)	2 (2)		16,8 (12)	1 - 7	решение задач	работа на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ, выполнение контрольных работ, экзамен

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)					Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		Всего	ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СРС			
5	Управляемость и наблюдаемость систем управления. Оптимальное управление	32	4 (4)	10 (10)		22 (20)	1 - 7	решение задач	работа на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ, выполнение контрольных работ, экзамен
	Всего часов:	106,8	20	28		94,8 (67,8)			

План лекционных и практических занятий для студентов очной формы обучения

8 семестр (20 лекций, 28 практических занятий)

План лекционных занятий

Лекция 1 (2 ч.). Вводные понятия теории управления.

Примерный план лекции: Основные задачи теории управления; управление в технических, биологических и социально-экономических системах, основные характеристики управляемого объекта: входные, выходные сигналы, законы управления. Понятие блок-схемы управляемого объекта; простейшие звенья: сумматоры, интеграторы, звенья пропорционального типа, звенья-задержки; примеры конкретных систем управления.

Задания на самостоятельную работу: изучить лекционный материал с привлечением дополнительной литературы (литература [2]: 1.1.1-1.2 (стр.16)).

Лекция 2 (2 ч.). Преобразователи

Примерный план лекции: Классификация преобразователей: стационарные, линейные, физически реализуемые, управляемые, функциональные. входные и выходные сигналы преобразователей, понятие пространства допустимых входов, состояние преобразователя пространства.

Задания на самостоятельную работу: изучить лекционный материал с привлечением дополнительной литературы ([2]: 1.1.1-1.2 (стр.16)).

Лекции 3,4 (4 ч.). Линейные звенья и звенья с обратной связью

Примерный план лекции: Линейные стационарные звенья, уравнение «вход-выход» и «вход-состояние-выход» звена, передаточная функция звена; импульсная характеристика звена; передаточные функции и импульсные характеристики основных типов преобразователей. Звенья с дробно-рациональной передаточной функцией, уравнение состояния звена, пространства допустимых входов. Звенья с обратной связью и их уравнения, нелинейная обратная связь и ее характеристика.

Задания на самостоятельную работу: изучить лекционный материал с привлечением дополнительной литературы ([2] 1.1.1(стр.16)).

Лекция 5,6 (4 ч.). Устойчивость управляемых объектов

Примерный план лекции: Понятие устойчивости выходных сигналов управляемого объекта. Критерии устойчивости по первому приближению, устойчивость звеньев с нелинейной обратной связью. Условия устойчивости линейных стационарных звеньев, частотные критерии устойчивости. Устойчивость полиномов, теорема Стодола, критерий Рауса-Гурвица.

Задания на самостоятельную работу: изучить лекционный материал с привлечением дополнительной литературы ([1]: глава 13, п.1 (стр.476); [2]: п.1.4. (стр.67)).

Лекция 7, 8 (4 ч.). Периодические задачи

Примерный план лекции: Периодическая задача для линейных и нелинейных стационарных звеньев. Понятие импульсно-частотной характеристики линейного звена. Оператор периодической задачи для звена с дробно-рациональной передаточной функцией и его свойства. Задания на самостоятельную работу: изучить лекционный материал с привлечением дополнительной литературы ([2]: 2.1 (стр.79); [3]: гл.4., п.23 (стр.186)).

Лекция 9 (2 ч.). Управляемость и наблюдаемость систем управления

Примерный план лекции: Управляемость линейных стационарных систем, матрица управляемости, критерий управляемости. Наблюдаемость линейных стационарных систем, матрица наблюдаемости, критерий наблюдаемости, теорема дуальности Калмана, управляемость и наблюдаемость линейных нестационарных систем.

Задания на самостоятельную работу: изучить лекционный материал с привлечением дополнительной литературы ([1]: глава 13, п.3 (стр. 486); [2]: 1.4. (стр.67)).

Лекция 10 (2 ч.). Оптимальное управление

Примерный план лекции: Задача оптимального быстродействия; общие постановки задач оптимального управления, необходимые условия оптимальности решения задачи оптимального управления без ограничений. Принцип максимума в задачах оптимального управления.

Задания на самостоятельную работу: изучить лекционный материал с привлечением дополнительной литературы ([4]).

План практических занятий

Практическое занятие №1, 2 (4 ч.)

Понятие блок-схемы управляемого объекта; простейшие звенья: сумматоры, интеграторы, звенья пропорционального типа, звенья задержки; примеры конкретных систем управления

Студент должен уметь строить связь «вход-выход» по блок-схеме; составить дифференциальное уравнение по блок-схеме, построить блок-схему для простейших дифференциальных уравнений. ([2]: глава I, п.1.1., стр. 16-33)

Практическое занятие №3, 4 (4 ч.)

Звенья с дробно-рациональной передаточной функцией, уравнение состояния звена.

Студент должен уметь находить уравнение состояния линейного стационарного звена. Определять вход, операторные многочлены по дифференциальному уравнению. ([2]: глава I, п.1.2., стр. 40-49)

Практическое занятие №5 (2 ч.)

Передаточная функция звена.

Студент должен уметь находить передачную функцию линейного стационарного звена, системы управления с запаздыванием. ([2]: глава I, п.1.2., стр. 40-49)

Практическое занятие №6, 7 (4 ч.)

Устойчивость управляемых объектов: условия устойчивости линейных стационарных звеньев, частотные критерии устойчивости. Устойчивость полиномов, теорема Стодола, критерий Рауса-Гурвица.

Студент должен уметь определять устойчивость полиномов, линейных стационарных звеньев, многомерных систем. ([1]: глава I, г.5, стр.29-39), ([2]: Глава I, п.1.4.1, стр. 67).

Практическое занятие №8 (2 ч.)

Понятие импульсной характеристики линейных стационарных звеньев.

Студент должен уметь находить импульсную характеристику линейных стационарных звеньев. ([2]: глава II, п.2.2.3, стр.102).

Практическое занятие №9 (2 ч.)

Периодические задачи. Понятие импульсно-частотной характеристики линейных стационарных звеньев.

Студент должен уметь находить импульсно-частотную характеристику линейных стационарных звеньев. ([3]: п.23.стр.86.).

Практическое занятие №10, 11 (4 ч.)

Управляемость линейных стационарных систем, матрица управляемости, критерий управляемости. Наблюдаемость линейных стационарных систем, матрица наблюдаемости, критерий наблюдаемости, теорема дуальности Калмана, управляемость и наблюдаемость линейных нестационарных систем.

Студент должен уметь определять управляемость и наблюдаемость систем управлений. ([1]: глава VI, п.2-3, стр.222-236), ([2]:Глава I, п.1.4.2, стр.73).

Практическое занятие №12,13,14 (6 ч.)

Общие постановки задач оптимального управления, необходимые условия оптимальности решения задачи оптимального управления без ограничений.

Студент должен уметь решать задачи оптимального управления. ([4]: глава 4. п.1.1-1.4, стр.215-222).