



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»**



УТВЕРЖДАЮ

Ю.Ю. Михальчевский

» 11 мая 2021 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Теория управления**

Направление подготовки:
01.03.04 Прикладная математика

Направленность программы (профиль):
Математическое и программное обеспечение систем управления

Квалификация (степень) выпускника:
бакалавр

Форма обучения:
очная

Санкт-Петербург
2021

1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Теория управления» являются формирование у обучающихся комплекса теоретических знаний основных положений современной теории управления, а также приобретение ими умений и практических навыков исследования процессов управления в динамических системах.

Задачами освоения дисциплины «Теория управления» являются:

- формирование у обучающихся знаний о понятиях и методах математической теории управления динамическими системами;
- приобретение обучающимися умений применять основные методы получения и преобразования моделей динамических систем;
- овладение обучающимися навыками анализа и синтеза систем управления.

Дисциплина обеспечивает подготовку выпускника к научно-исследовательскому виду профессиональной деятельности.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Теория управления» представляет собой дисциплину, относящуюся к Обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина «Теория управления» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Дифференциальные уравнения».

Дисциплина «Теория управления» является обеспечивающей для дисциплин «Вычислительная математика», «Цифровая обработка сигналов».

Дисциплина «Теория управления» изучается в 5 семестре.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины «Теория управления» направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции / индикатора	Результат обучения: наименование компетенции / индикатора компетенции
ОПК-1	Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике.
ИД ² _{ОПК1}	Выбирает оптимальные методы фундаментальной математики при решении поставленных задач, в том числе в профессиональной сфере.

Планируемые результаты изучения дисциплины:

Знать:

- основные классы задач теории управления;
- принципы и методы построения моделей динамических систем управления;
- методы решения задач программного и стабилизирующего управления, задачи наблюдения в линейных системах;
- методы построения оптимальных управлений

Уметь:

- применять математические методы теории управления к различным классам задач;
- проанализировать результат и скорректировать математическую модель задачи теории управления;
- применять классические методы анализа и синтеза стационарных линейных систем, методы пространства состояний;
- анализировать оптимальность программных и стабилизирующих управлений

Владеть:

- навыками использования математических методов теории управления, для решения и анализа профессиональных задач;
- математическим аппаратом описания и исследования различных классов управляемых динамических систем;
- алгоритмами решения задач программных и стабилизирующих управлений и наблюдения;

- навыками применения методов построения оптимальных программных и стабилизирующих управлений.

4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 академических часов.

Наименование	Всего часов	Семестр
		5
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Контактная работа:	42,5	42,5
лекции	14	14
практические занятия	28	28
семинары	–	–
лабораторные работы	–	–
курсовой проект (работа)	–	–
Самостоятельная работа студента	48	48
Промежуточная аттестация	18	18
контактная работа	0,5	0,5
самостоятельная работа по подготовке к зачету с оценкой	17,5	17,5

5 Содержание дисциплины

5.1 Соотнесения тем (разделов) дисциплины и формируемых компетенций

	Количество часов	Компетенции	Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОПК-1		
Тема 1. Основные понятия теории управления.	10	+	ВК, Л, ПЗ, СРС	У
Тема 2. Программные управления.	22	+	Л, ПЗ, СРС	ПАР, У
Тема 3. Задача наблюдения и идентификации.	20	+	Л, ПЗ, СРС	ПАР, У
Тема 4. Стабилизирующие управления.	20	+	Л, ПЗ, СРС	ПАР, У
Тема 5. Элементы теории	18	+	Л, ПЗ, СРС	ПАР, У

	Количество часов	Компетенции	Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОПК-1		
оптимального управления.				
Всего по дисциплине	90			
Промежуточная аттестация	18			
Итого по дисциплине	108			

Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, СРС – самостоятельная работа студента, ВК – входной контроль, ПАР – письменная аудиторная работа, У – устный опрос.

5.2 Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

Наименование темы (раздела) дисциплины	Л	ПЗ	С	ЛР	СРС	КР	Всего часов
Тема 1. Основные понятия теории управления.	2	2	-	-	6	-	10
Тема 2. Программные управления.	4	8	-	-	10	-	22
Тема 3. Задача наблюдения и идентификации.	2	6	-	-	12	-	20
Тема 4. Стабилизирующие управления.	3	6	-	-	11	-	20
Тема 5. Элементы теории оптимального управления.	3	6	-	-	9	-	18
Всего по дисциплине	14	28	-	-	48	-	90
Промежуточная аттестация							18
Итого по дисциплине							108

5.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Основные понятия теории управления

Принцип обратной связи, формы математического описания систем управления. Типовые задачи анализа систем (выходных процессов, устойчивости, чувствительности, управляемости, наблюдаемости) – линейных и нелинейных, детерминированных и стохастических, одномерных и многомерных, стационарных и нестационарных, дискретных, непрерывных и непрерывно-дискретных. Синтез систем.

Тема 2. Программные управления

Постановка и решение задачи программного управления, критерии управляемости, разбиение системы на управляемую и неуправляемую части, импульсные управления, общая граничная задача.

Тема 3. Задача наблюдения и идентификации

Постановка и решение задачи наблюдения и идентификации, критерии наблюдаемости, принцип двойственности, разбиение системы на наблюдаемую и ненаблюдаемую части, задача дискретного наблюдения.

Тема 4. Стабилизирующие управления

Элементы теории устойчивости, постановка и решение задачи стабилизации, стабилизация не полностью управляемых систем, стабилизация систем с неполной информацией, дискретная стабилизация, стабилизация нелинейных систем по линейному приближению.

Тема 5. Элементы теории оптимального управления

Оптимальное управление системам. Оптимальная стабилизация, матричное уравнение Риккати, метод последовательных приближений, Оптимальное демпфирование переходных процессов. Оптимальные программные управления, связь с оптимальным демпфированием и вариационным исчислением, принцип максимума Понтрягина, динамическое программирование.

5.4 Практические занятия (семинары)

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (часы)
1	Основные задачи теории управления.	2
2	Оценка множества достижимости. Общая граничная задача.	2
	Нахождение программных управлений в виде импульсных функций, случай заданных моментов переключения управления.	2
	Нахождение программных управлений в виде импульсных функций, случай произвольного выбора моментов переключения управления.	4
3	Задача дискретного наблюдения (случай заданных моментов включения измерителя и случай произвольного выбора таких моментов).	4
	Каноническое разбиение управляемых и наблюдаемых систем (выделение управляемой и неуправляемой частей, а также наблюдаемой и ненаблюдаемой).	2

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (часы)
4	Исследование устойчивости решений линейных и нелинейных систем. Первый и второй методы Ляпунова.	4
	Стабилизация систем с неполной информацией. Стабилизация нелинейных систем.	2
5	Оптимальное управление системам. Оптимальная стабилизация.	2
	Оптимальное демпфирование переходных процессов.	2
	Принцип максимума Понтрягина.	2
Итого по дисциплине		28

5.5 Лабораторный практикум

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

5.6 Самостоятельная работа

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
1	1. Поиск, анализ информации и проработка учебного материала [1, 2, 3, 4]. 2. Подготовка к устному опросу.	6
2	1. Поиск, анализ информации и проработка учебного материала [1, 3, 5]. 2. Подготовка к письменной аудиторной работе.	10
3	1. Поиск, анализ информации и проработка учебного материала [1, 3, 5]. 2. Подготовка к письменной аудиторной работе.	12
4	1. Поиск, анализ информации и проработка учебного материала [1, 4, 3]. 2. Подготовка к письменной аудиторной работе.	11
5	1. Поиск, анализ информации и проработка учебного материала [2, 3]. 2. Подготовка к письменной аудиторной работе.	9

5.7 Курсовые работы

Курсовые работы (проекты) учебным планом не предусмотрены.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1 Охорзин, В.А. **Теория управления** [Электронный ресурс]: учеб. / В.А. Охорзин, К.В. Сафонов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 224 с. ISBN — 978-5-8114-1592-2 — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/49470> — Загл. с экрана. (дата обращения: 20.01.2021).

2 Абдрахманов, В.Г. **Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания** [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Г. Абдрахманов, А.В. Рабчук. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 112 с. ISBN — 978-5-8114-1630-1— Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/45675> — Загл. с экрана. (дата обращения: 20.01.2021).

3 Платонов А.В. **Теория управления: Тексты лекций** / А. В. Платонов. - СПб. : АГА, 2004. - 83с. Количество экземпляров: 132.

б) дополнительная литература:

4 Демидович, Б.П. **Дифференциальные уравнения** [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.П. Демидович, В.П. Моденов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2008. — 288 с. ISBN — 978-5-8114-0677-7— Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/126> — Загл. с экрана. (дата обращения: 20.01.2021).

5 Хеннер, В.К. **Обыкновенные дифференциальные уравнения, вариационное исчисление, основы специальных функций и интегральных уравнений** [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.К. Хеннер, Т.С. Белозерова, М.В. Хеннер. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 320 с. ISBN — 978-5-8114-2592-1— Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/96873> — Загл. с экрана. (дата обращения: 20.01.2021).

в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

6 **Портал вся математика** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.allmath.ru/menegment.htm> , свободный (дата обращения: 20.01.2021).

г) программное обеспечение (лицензионное), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

7 **Единое окно доступа к образовательным ресурсам** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>, свободный (дата обращения: 20.01.2021).

8 **Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU»**
[Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://elibrary.ru/>, свободный (дата обращения: 20.01.2021).

9 **Электронно-библиотечная система издательства «Лань»**
[Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>, свободный (дата обращения: 20.01.2021).

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерные классы с доступом в Интернет (ауд. 801, 803, 805, 807,), переносной проектор ACER X1261P.

Информационно-справочные и материальные ресурсы библиотеки СПбГУГА.

8 Образовательные и информационные технологии

Дисциплина «Теория управления» предполагает использование следующих образовательных технологий: входной контроль, лекции, практические занятия и самостоятельная работа студента.

Входной контроль проводится преподавателем в начале изучения дисциплины с целью коррекции процесса усвоения студентами дидактических единиц. Он осуществляется по вопросам из школьных курсов математических дисциплин, на которых базируется дисциплина «Теория управления» (п. 2).

Лекция как образовательная технология представляет собой устное, систематически последовательное изложение преподавателем учебного материала с целью организации целенаправленной познавательной деятельности обучающихся по овладению знаниями, умениями и навыками читаемой дисциплины. В лекции делается акцент на реализацию главных идей и направлений в изучении дисциплины, дается установка на последующую самостоятельную работу.

Практическое занятие обеспечивает связь теории и практики, содействует выработке у обучающихся умений и навыков применения знаний, полученных на лекции и в ходе самостоятельной работы. Практические занятия как образовательная технология помогают студентам систематизировать, закрепить и углубить знания теоретического характера.

Самостоятельная работа студента проявляется в систематизации, планировании, контроле и регулировании его учебно-профессиональной деятельности, а также собственные познавательно-мыслительные действия без непосредственной помощи и руководства со стороны преподавателя. Основной целью самостоятельной работы студента является формирование навыка самостоятельного приобретения им знаний по некоторым несложным вопросам теоретического курса, закрепление и углубление полученных знаний, умений и навыков во время лекций и практических занятий. Самостоятельная работа подразумевает выполнение студентом поиска, анализа информации, проработку на этой основе учебного материала, подготовку к устному опросу и письменным аудиторным работам.

В рамках изучения дисциплины «Теория управления» предполагается использовать в качестве информационных технологий среду MS Office: Word, Excel, PowerPoint.

9 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Фонд оценочных средств дисциплины «Теория управления» представляет собой комплекс методических и контрольных измерительных материалов, предназначенных для определения качества результатов обучения и уровня сформированности компетенций обучающихся в ходе освоения данной дисциплины. В свою очередь, задачами использования фонда оценочных средств являются осуществление как текущего контроля успеваемости студентов, так и промежуточной аттестации в форме экзамена.

Фонд оценочных средств дисциплины «Теория управления» для текущего контроля включает: устный опрос и письменную аудиторную работу.

Устный опрос проводится на практических занятиях в течение 10 минут с целью контроля усвоения теоретического материала, излагаемого на лекции. Перечень вопросов определяется уровнем подготовки учебной группы, а также индивидуальными особенностями обучающихся.

Письменная аудиторная работа предназначена для проверки умений и навыков применять полученные знания для решения практических задач.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде зачета с оценкой в 5 семестре. Этот вид промежуточной аттестации позволяет оценить уровень освоения студентом компетенций за весь период изучения дисциплины. Зачет с оценкой предполагает устные ответы на 2 теоретических вопроса из перечня вопросов, вынесенных на промежуточную аттестацию, а также решение задачи.

9.1. Балльно-рейтинговая оценка текущего контроля успеваемости и знаний студентов

Тема/вид учебных занятий (оценочных заданий), позволяющих студенту продемонстрировать достигнутый уровень сформированности компетенций	Количество баллов		Срок контроля (порядковый номер недели с начала семестра)	Примечание
	минимальное значение	максимальное значение		
Контактная работа				
<i>Аудиторные занятия</i>				
Лекции № 1-7	1,5	2	1-14	
Практические занятия № 1-14	2,5	4	1-14	
Итого по обязательным видам занятий	45	70		
Зачет	15	30		

Итого по дисциплине	60	100		
<i>Премияльные виды деятельности (для учета при определении рейтинга)</i>				
Научные публикации по темам дисциплины		10		
Участие в конференциях по темам дисциплины		10		
Итого дополнительно премиальных баллов		20		
Всего по дисциплине для рейтинга		120		
Перевод баллов балльно-рейтинговой системы в оценку по «академической» шкале				
Количество баллов по БРС	Оценка (по «академической» шкале)			
90 и более	5 – «отлично»			
75÷89	4 – «хорошо»			
60÷74	3 – «удовлетворительно»			
менее 60	2 – «неудовлетворительно»			

9.2 Методические рекомендации по проведению процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Посещение студентом лекционного занятия с ведением конспекта оценивается от 1,5 до 2 баллов. Посещение практического занятия с ведением конспекта и решением задач оценивается от 2,5 до 4 баллов.

9.3 Темы курсовых работ (проектов) по дисциплине

В учебном плане рефератов и курсовых работ не предусмотрено.

9.4 Контрольные задания для проведения входного контроля остаточных знаний по обеспечивающим дисциплинам

1. Дайте определение графу, стоимостной функции графа, циклу, дереву, лесу.
2. Определение матрицы и действия над ними.
3. Способы нахождения определителя и ранга матрицы.
4. Определение дифференциального уравнения и решения дифференциального уравнения.
5. Сформулировать задачу Коши и краевую задачу для системы обыкновенных дифференциальных уравнений.
6. Выписать вид линейной дифференциальной системы.
7. Дать определение фундаментальной матрицы системы.
8. Описать способы построения фундаментальной матрицы.

9.5 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Критерий	Индикатор	Показатель
<i>Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике. (ОПК-1).</i>		
<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные классы задач теории управления; - принципы и методы построения моделей динамических систем управления; - методы решения задач программного и стабилизирующего управления, задачи наблюдения в линейных системах; - методы построения оптимальных управлений 	ИД ² _{ОПК1}	<ul style="list-style-type: none"> - перечисляет типовые задачи анализа систем; - перечисляет основные классы задач теории управления; - дает определение «объекту управления», «динамическим системам»; - воспроизводит математическую постановку задач теории управления; - доказывает корректность допустимых управлений; - классифицирует задачи теории управления, в зависимости от исходных параметров
<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять математические методы теории управления к различным классам задач; - проанализировать результат и скорректировать математическую модель задачи теории управления; - применять классические методы анализа и синтеза стационарных линейных систем, методы пространства состояний; - анализировать оптимальность программных и стабилизирующих управлений 	ИД ² _{ОПК1}	<ul style="list-style-type: none"> - перечисляет примеры задач профессиональной деятельности, для решения которых требуются методы теории управления; - анализирует постановку профессиональной задачи и, при необходимости, применяет методы теории управления для решения; - определяет целесообразность решения поставленной задачи методами теории управления; - корректирует использованную математическую модель на основе анализа полученного результата; - перечисляет методы анализа задач теории управления

Критерий	Индикатор	Показатель
<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками использования математических методов теории управления, для решения и анализа профессиональных задач; - математическим аппаратом описания и исследования различных классов управляемых динамических систем; - алгоритмами решения задач программных и стабилизирующих управлений и наблюдения; 	ИД ² _{опк1}	<ul style="list-style-type: none"> - разделяет решение профессиональной задачи на этапы, в том числе в области управляемой динамической системы; - планирует и решает профессиональные задачи анализа и синтеза управляемой системы; - описывает теоремы о свойствах управляемой динамической системы; - формулирует и доказывает основные положения, формулы и теоремы управляемой динамической системы

Характеристики шкалы оценивания приведены ниже.

1. Максимальное количество баллов за зачет – 30. Минимальное количество баллов за зачет – 15 баллов.

2. При наборе менее 15 баллов – зачет не сдан по причине недостаточного уровня знаний.

3. Оценка за зачет выставляется как сумма набранных баллов за ответы на вопросы билета и за решение задачи.

4. Ответы на вопросы билета оцениваются следующим образом:

– *1 балл*: отсутствие продемонстрированных знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта (нет ответа на вопрос) или отказ от ответа;

– *2 балла*: нет удовлетворительного ответа на вопрос, демонстрация фрагментарных знаний в рамках образовательного стандарта, незнание лекционного материала;

– *3 балла*: нет удовлетворительного ответа на вопрос, много наводящих вопросов, отсутствие ответов по основным положениям вопроса, незнание лекционного материала;

– *4 балла*: ответ удовлетворительный, оценивается как минимально необходимые знания по вопросу, при этом студентом продемонстрировано хотя бы минимальное знание всех разделов вопроса в пределах лекционного материала. При этом студентом демонстрируется достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;

– *5 баллов*: ответ удовлетворительный, достаточные знания в объеме учебной программы, ориентированные на воспроизведение; использование

научной (технической) терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;

– *6 баллов*: ответ удовлетворительный, студент достаточно ориентируется в основных аспектах вопроса, демонстрирует полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;

– *7 баллов*: ответ хороший (достаточное знание материала), но требовались наводящие вопросы, студент демонстрирует систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;

– *8 баллов*: ответ хороший, ответом достаточно охвачены все разделы вопроса, единичные наводящие вопросы; студент демонстрирует способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;

– *9 баллов*: систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; студент демонстрирует способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы;

– *10 баллов*: ответ на вопрос полный, не было необходимости в дополнительных (наводящих вопросах); студент демонстрирует систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы.

5. Решение задачи оценивается следующим образом:

– *10 баллов*: задание выполнено на 91-100 %, решение и ответ аккуратно оформлены, выводы обоснованы, дана правильная и полная интерпретация выводов, студент аргументировано обосновывает свою точку зрения, уверенно и правильно отвечает на вопросы преподавателя;

– *9 баллов*: задание выполнено на 86-90 %, решение и ответ аккуратно оформлены, выводы обоснованы, дана правильная и полная интерпретация выводов, студент аргументировано обосновывает свою точку зрения, правильно отвечает на вопросы преподавателя;

– *8 баллов*: задание выполнено на 81-85 %, ход решения правильный, незначительные погрешности в оформлении; правильная, но не полная интерпретация выводов, студент дает верные, но не полные ответы на вопросы преподавателя, испытывает некоторые затруднения в интерпретации полученных выводов;

– *7 баллов*: задание выполнено на 74-80 %, ход решения правильный, значительные погрешности в оформлении; правильная, но не полная интерпретация выводов, студент дает правильные, но не полные ответы на вопросы преподавателя, испытывает определенные затруднения в интерпретации полученных выводов;

– *6 баллов*: задание выполнено 66-75 %, подход к решению правильный, есть ошибки, оформление с незначительными погрешностями, неполная интерпретация выводов, не все ответы на вопросы преподавателя правильные, не способен интерпретировать полученные выводы;

– *5 баллов*: задание выполнено на 60-65 %, подход к решению правильный, есть ошибки, значительные погрешности при оформлении,

неполная интерпретация выводов, не все ответы на вопросы преподавателя правильные, не способен интерпретировать полученные выводы;

– 4 балла: задание выполнено на 55-59 %, подход к решению правильный, есть ошибки, значительные погрешности при оформлении, неполная интерпретация выводов, не все ответы на вопросы преподавателя правильные, не способен интерпретировать полученные выводы;

– 3 балла: задание выполнено на 41-54 %, решение содержит грубые ошибки, неаккуратное оформление работы, неправильная интерпретация выводов, студент дает неправильные ответы на вопросы преподавателя;

– 2 балла: задание выполнено на 20-40 %, решение содержит грубые ошибки, неаккуратное оформление работы, выводы отсутствуют; не может прокомментировать ход решения задачи, дает неправильные ответы на вопросы преподавателя;

– 1 балл: задание выполнено менее, чем на 20 %, решение содержит грубые ошибки, студент не может прокомментировать ход решения задачи, не способен сформулировать выводы по работе.

9.6 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Перечень типовых вопросов для устного опроса.

1. Опишите основные задачи теории управления.
2. Выписать общее решение линейной системы дифференциальных уравнений.
3. Каковы свойства фундаментальной матрицы системы?
4. Что такое программное управление, управление с обратной связью, множество достижимости?
5. Опишите методы линеаризации управляемой системы.
6. Привести критерии полной управляемости линейной системы.
7. Сформулировать общую граничную задачу.
8. В чем заключается разбиение системы на управляемую и неуправляемую части?
9. Что такое импульсное управление?
10. Сформулировать задачу наблюдения и идентификации.
11. Привести критерии наблюдаемости для линейных систем.
12. В чем состоит принцип двойственности для управляемых и наблюдаемых систем?
13. Что такое дискретное наблюдение?
14. Как выделить в системе наблюдаемую и ненаблюдаемую части?
15. Привести основные понятия из теории устойчивости.
16. В чем заключается первый и второй методы Ляпунова исследования устойчивости?
17. Сформулировать задачу стабилизации.
18. Что такое система с полной информацией?

19. Указать критерий стабилизируемости не полностью управляемых систем.
20. В чем заключается дискретная стабилизация?
21. Как можно стабилизировать нелинейные системы?
22. Сформулировать проблему оптимальности управления.
23. Выписать матричное уравнение Риккати для поиска оптимального стабилизирующего управления.
24. Что такое оптимальное демпфирование переходных процессов?
25. Рассказать о связи задач по поиску оптимальных программных управлений с задачами вариационного исчисления.
26. Сформулировать задачу оптимального быстрогодействия.
27. В чем заключается принцип максимума Понтрягина?

Типовые задания для письменной аудиторной работы.

1. Проверить, является ли указанная пара точек управляемой на промежутке $[0, 1]$ для системы

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 + x_2 + 2u, \\ \dot{x}_2 = x_2. \end{cases}$$

а) $x^{(1)} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$, $x^{(2)} = \begin{pmatrix} -2 \\ -e \end{pmatrix}$; б) $x^{(1)} = \begin{pmatrix} 1 \\ e \end{pmatrix}$, $x^{(2)} = \begin{pmatrix} -1 \\ e^2 \end{pmatrix}$; в) $x^{(1)} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$, $x^{(2)} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$.

2. Определить, при каких значениях параметров β и γ система полностью управляема

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = \beta x_2 + x_3, \\ \dot{x}_2 = x_1 - x_3 + \gamma u, \\ \dot{x}_3 = x_1, \\ \dot{x}_4 = -\beta x_3 + u. \end{cases}$$

3. Построить программное управление в системе $\dot{x} = Px + Qu$

а) $P = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$, $Q = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$, $x^{(1)} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$, $x^{(2)} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$, $t \in [0, 1]$;

б) $P = \begin{pmatrix} -1 & 1 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}$, $Q = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \end{pmatrix}$, $x^{(1)} = \begin{pmatrix} -1 \\ 2 \end{pmatrix}$, $x^{(2)} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \end{pmatrix}$, $t \in [0, 2]$;

в) $P = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 2 \end{pmatrix}$, $Q = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$, $x^{(1)} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$, $x^{(2)} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$, $t \in [0, 2]$.

4. В задаче 3 построить импульсное программное управление.

5. Проверить систему на полную наблюдаемость

$$\begin{cases} \dot{x} = \begin{pmatrix} 1 & -2 & -1 \\ 1 & 0 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} \sin t \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \\ y = x_1. \end{cases}$$

6. Определить порядок наблюдаемой части системы

$$\text{а) } \begin{cases} \dot{x}_1 = x_3, \\ \dot{x}_2 = -x_1, \\ \dot{x}_3 = x_4, \\ \dot{x}_4 = x_1 + x_3 + x_4, \end{cases} \quad y = x_1 - x_3;$$

$$\text{б) } \begin{cases} \ddot{x}_1 = x_2, \\ \ddot{x}_2 = -x_2, \end{cases} \quad y = x_1 + x_2 - 2\dot{x}_1 - 2\dot{x}_2.$$

7. Восстановить начальные данные системы

$$\dot{x} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} t^2 \\ t \end{pmatrix}, \quad y = 2x_1 + tx_2,$$

если наблюдения на промежутке $[0, 1]$ имеют вид $y(t) = 1.5t^3 - 3t$.

8. Решить задачу 7 при дискретных наблюдениях $y(0) = 0$, $y(1) = 1$.

9. Привести систему к каноническому виду

$$\text{а) } \begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 + u, \\ \dot{x}_2 = x_3 + u, \\ \dot{x}_3 = x_4 + u, \\ \dot{x}_4 = x_1 + u, \end{cases} \quad y = x_1 + x_3;$$

$$\text{б) } \begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 + 2x_2 + 3x_3 + u, \\ \dot{x}_2 = x_2 + 2x_3 + u, \\ \dot{x}_3 = x_3, \end{cases} \quad y = x_2.$$

10. Построить стабилизирующее управление в системе $\dot{x} = Px + Qu$

$$\text{а) } P = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 2 \end{pmatrix}, \quad Q = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix},$$

$$\text{б) } P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad Q = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix},$$

$$\text{в) } P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad Q = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

11. При каких значениях параметров α и β система $\dot{x} = Px + Qu$ является стабилизируемой?

$$\text{а) } P = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \alpha \\ \beta & 0 & \beta & 0 \\ 1 & \beta & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad Q = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix},$$

$$\text{б) } P = \begin{pmatrix} \alpha & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 1 & \alpha \\ 1 & -\beta & 0 & 0 \\ \beta & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad Q = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

12. Для уравнения $\dot{x} = 2x + u$ построить стабилизирующее управление, оптимальное по отношению к функционалу $J = \int_0^{+\infty} (5x^2 + u^2) dt$.

13. Найти управление, переводящее систему $\dot{x} = u$ из состояния $x(0) = 2$ в состояние $x(1) = 0$, и доставляющее минимум функционалу $J = \int_0^1 x dt$. Множество допустимых управлений: $U = \{u : |u| \leq 2\}$.

Перечень типовых вопросов к зачету для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

1. Линейные системы дифференциальных уравнений. Фундаментальная матрица, общее решение, задача Коши.
2. Постановка задачи программного управления. Множество достижимости, управляемость пары точек, полная управляемость, система в отклонениях, линеаризация системы.
3. Построение программного управления в линейных системах.
4. Критерии полной управляемости.
5. Пример простейшей задачи оптимального программного управления.
6. Пример оценки множества достижимости.
7. Построение программного управления в стационарных линейных системах. Критерий полной управляемости.
8. Разбиение системы на управляемую и неуправляемую части.
9. Общая граничная задача.
10. Импульсные программные управления. Случай произвольного выбора моментов переключения управления.
11. Импульсные программные управления. Случай заданных моментов переключения управления.
12. Задача наблюдения и идентификации.
13. Задача наблюдения в линейных системах. Полная наблюдаемость.
14. Критерии полной наблюдаемости в линейных системах. Принцип двойственности.
15. Критерий полной наблюдаемости в линейных стационарных системах. Разбиение на наблюдаемую и ненаблюдаемую части.
16. Задача дискретной наблюдаемости.
17. Теория устойчивости. Основные определения.
18. Теория устойчивости. Первый метод Ляпунова.
19. Теория устойчивости. Второй метод Ляпунова.
20. Постановка задачи стабилизации.

21. Построение скалярного стабилизирующего управления в линейных системах.
22. Построение векторного стабилизирующего управления в линейных системах.
23. Стабилизация не полностью управляемых систем.
24. Стабилизация систем с неполной информацией.
25. Стабилизация систем по линейному приближению.
26. Понятие оптимального управления. Оптимальная стабилизация. Уравнение Риккати.
27. Оптимальная стабилизация. Метод последовательных приближений.
28. Оптимальное демпфирование переходных процессов.
29. Оптимальные программные управления. Классические типы функционалов.
30. Связь оптимальных программных управлений с оптимальными демпфирующими.
31. Принцип максимума Понтрягина.

Типовая задача для промежуточной аттестации:

Построить в системе $\dot{x}_s = u_s$, $s = 1, \dots, n$, управление, оптимальное по отношению к демпфированию функции $V = \|x\|$. Множество допустимых управлений: $U = \{u : \|u\| = 1\}$.

Требования к содержанию билетов

Билеты к зачету включают, как правило, два теоретических вопроса (оцениваемые по 10 баллов) и расчетную задачу (решение которой также оценивается 10 баллов).

10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Приступая к изучению дисциплины «Теория управления», обучающемуся необходимо ознакомиться с тематическим планом занятий и списком рекомендованной литературы. Также ему следует уяснить, что уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях и практических занятиях. Также в этом процессе важное значение имеет самостоятельная работа, направленная на вовлечение обучающегося в самостоятельную познавательную деятельность.

Основными видами аудиторной работы студентов являются лекции и практические занятия. На первом занятии преподаватель осуществляет входной контроль по вопросам дисциплин, являющимися предшествующими для дисциплины «Теория управления» (п. 2).

Лекция представляет собой последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала. Цель лекции - организация

целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению программным материалом учебной дисциплины. Чтение курса лекций позволяет дать связанное, последовательное изложение материала, сообщить обучающимся основное содержание предмета в целостном, систематизированном виде. В ходе лекции преподаватель также дает задания и рекомендации для практических занятий, указания по выполнению обучающимися самостоятельной работы.

Темы лекций и рассматриваемые в ходе их вопросы приведены в п. 5.3.

Значимым фактором полноценной и плодотворной работы обучающегося на лекции является ведение конспекта. Слушая лекцию, необходимо научиться выделять и фиксировать ее ключевые моменты, записывая их более четко и выделяя каким-либо способом из общего текста. Качественно сделанный конспект лекций поможет обучающемуся в процессе самостоятельной работы и при подготовке к сдаче экзамена.

Практические занятия по дисциплине «Теория управления» проводятся в соответствии с п. 5.4. Цели практических занятий: закрепить и детализировать теоретические знания, полученные студентом на лекциях и в результате самостоятельного изучения соответствующих разделов рекомендуемой литературы; приобрести практические умения и навыки. Тематика практических занятий сообщается обучающимся заранее, чтобы предоставить возможность подготовиться.

По итогам лекций и практических занятий преподаватель выставляет в журнал полученные обучающимся баллы, согласно п. 9.1 и п. 9.2.

В современных условиях перед обучающимися стоит важная задача – научиться работать с массивами информации. Обучающимся необходимо развивать в себе способность и потребность использовать доступные информационные возможности и ресурсы для поиска нового знания и его распространения (т. е. информационную культуру). Обучающимся необходимо научиться управлять своей исследовательской и познавательной деятельностью в системе «информация – знание – информация». Прежде всего, для достижения этой цели, в вузе организуется самостоятельная работа обучающихся. Кроме того, современное обучение (стандарты, учебные планы) предполагает, что существенную часть времени в освоении учебной дисциплины обучающийся проводит самостоятельно. Принято считать, что такой метод обучения должен способствовать творческому овладению обучающимися специальными знаниями и навыками.

Целью самостоятельной (внеаудиторной) работы обучающихся при изучении настоящей учебной дисциплины является выработка ими навыков работы с научной и учебной литературой, другими источниками, а также развитие у обучающихся устойчивых способностей к самостоятельному (без помощи преподавателя) изучению и обработке полученной информации. В процессе самостоятельной работы обучающийся должен воспринимать, осмысливать и углублять получаемую информацию.

Систематичность занятий предполагает равномерное распределение объема работы в течение всего предусмотренного учебным планом срока

овладения дисциплиной «Теория управления» (дисциплина изучается в течение 5-го семестра). Последовательность работы означает преемственность и логику в овладении знаниями по дисциплине «Теория управления». Данный принцип изначально заложен в учебном плане при определении очередности изучения дисциплин. Аналогичный подход применяется при определении последовательности в изучении тем дисциплины.

Завершающим этапом самостоятельной работы является подготовка к сдаче зачета с оценкой по дисциплине, предполагающая интеграцию и систематизацию всех полученных при изучении учебной дисциплины знаний.

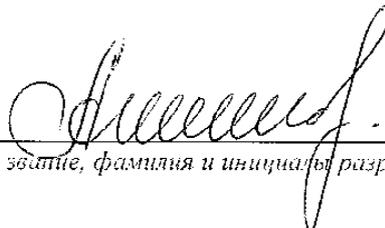
Зачет с оценкой (промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины «Теория управления») позволяет определить уровень освоения обучающимся компетенций (п. 9.5) за весь период изучения данной дисциплины. Зачет предполагает ответы на 2 теоретических вопроса из перечня вопросов, вынесенных на промежуточную аттестацию, а также решение задачи (п. 9.6).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ПрООП ВО по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика», профилю «Математическое и программное обеспечение систем управления»

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры № 8 «Прикладной математики и информатики» «14» 11/01/21 2021 года, протокол № 2.

Разработчик:

ст. преподаватель каф. № 8

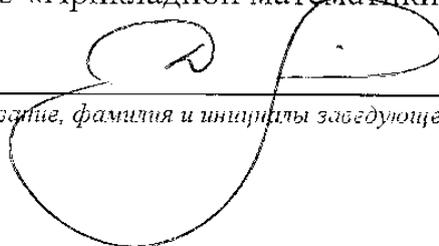


Цыбова Е. А.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчика)

Заведующий кафедрой № 8 «Прикладной математики и информатики»

к.т.н., доцент



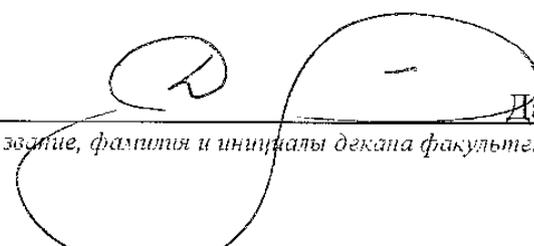
Далингер Я. М.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Программа согласована:

Руководитель ОПОП

к.т.н., доцент



Далингер Я. М.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы декана факультета)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Университета «16» 11/01/21 2021 года, протокол № 7.