

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНТРАНС РОССИИ)  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)  
ФГБОУ ВО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»  
(ФГБОУ ВО СПбГУ ГА)

УТВЕРЖДАЮ



Первый  
проректор-проректор  
по учебной работе  
Н.Н. Сухих  
2017 года

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Теория управления

Направление подготовки  
01.03.04 Прикладная математика

Направленность программы (профиль)  
Математическое и программное обеспечение систем управления

Квалификация выпускника  
бакалавр

Форма обучения  
очная

Санкт-Петербург  
2017

## 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 Базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина «Теория управления» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплины «Дифференциальные уравнения», «Дополнительные главы математического анализа», «Проектирование и разработка автоматизированных систем управления для гражданской авиации», «Автоматизированные системы управления воздушным движением».

Дисциплина «Теория управления» является обеспечивающей для дисциплины «Исследование операций».

Дисциплина «Теория управления» изучается в 7 семестре.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

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

Перечень и код компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
Готовность к самостоятельной работе (ОПК-1)	Знать: – основные классы задач теории управления; Уметь: – применять математические методы теории управления к различным классам задач; Владеть: – навыками использования математических методов теории управления, для решения и

Перечень и код компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<p>Способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, готовностью использовать для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат (ПК-9)</p>	<p>анализа профессиональных задач.</p> <p>Знать: – принципы и методы построения моделей динамических систем управления;</p> <p>Уметь: – проанализировать результат и скорректировать математическую модель задачи теории управления;</p> <p>Владеть: – математическим аппаратом описания и исследования различных классов управляемых динамических систем.</p>
<p>Готовность применять математический аппарат для решения поставленных задач, способностью применить соответствующую процессу математическую модель и проверить ее адекватность, провести анализ результатов моделирования, принять решение на основе полученных результатов (ПК-10)</p>	<p>Знать: – методы решения задач программного и стабилизирующего управления, задачи наблюдения в линейных системах;</p> <p>Уметь: – применять классические методы анализа и синтеза стационарных линейных систем, методы пространства состояний;</p> <p>Владеть: – алгоритмами решения задач программных и стабилизирующих управлений и наблюдения.</p>
<p>Способностью самостоятельно изучать новые разделы фундаментальных наук (ПК-12)</p>	<p>Знать: – методы построения оптимальных управлений;</p> <p>Уметь: – анализировать оптимальность программных и стабилизирующих управлений;</p> <p>Владеть: – навыками применения методов построения оптимальных программных и стабилизирующих управлений.</p>

#### 4 Объем дисциплины и виды учебной работы

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

Наименование	Всего часов	Семестр
		7
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Контактная работа:	58,5	58,5
лекции	28	28
практические занятия	28	28
семинары	–	–
лабораторные работы	–	–
курсовой проект (работа)	–	–
Самостоятельная работа студента	16	16
Промежуточная аттестация	36	36
контактная работа	2,5	2,5
самостоятельная работа по подготовке к экзамену	33,5	33,5

#### 5 Содержание дисциплины

##### 5.1 Соотнесения тем (разделов) дисциплины и формируемых компетенций

Темы (разделы) дисциплины	Количество часов	Компетенции				Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОПК-1	ПК-9	ПК-10	ПК-12		
Тема 1. Основные понятия теории управления.	8		+			ВК, Л, ПЗ, СРС	У
Тема 2. Программные управления.	18	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	ПАР, У
Тема 3. Задача наблюдения и идентификации.	16	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	ПАР, У
Тема 4. Стабилизирующие управления.	16	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	ПАР, У
Тема 5. Элементы теории оптимального управления.	14		+		+	Л, ПЗ, СРС	ПАР, У
Всего по дисциплине	72						

Темы (разделы) дисциплины	Количество часов	Компетенции				Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОПК-1	ПК-9	ПК-10	ПК-12		
Промежуточная аттестация	36						
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.	4	2	–	–	2	–	8
Тема 2. Программные управления.	6	8	–	–	4	–	18
Тема 3. Задача наблюдения и идентификации.	6	6	–	–	4	–	16
Тема 4. Стабилизирующие управления.	6	6	–	–	4	–	16
Тема 5. Элементы теории оптимального управления.	6	6	–	–	2	–	14
Всего по дисциплине	28	28	–	–	16	–	72
Промежуточная аттестация							36
Итого по дисциплине							108

Л– лекция, ПЗ – практическое занятие, С – семинар, СРС – самостоятельная работа студента, КР – курсовая работа, ЛР – лабораторная работа.

### 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	Практическое занятие 1. Основные задачи теории управления.	2
2	Практическое занятие 2. Оценка множества достижимости. Общая граничная задача.	2
	Практическое занятие 3. Нахождение программных управлений в виде импульсных функций, случай заданных моментов переключения управления.	2
	Практическое занятие 4-5. Нахождение программных управлений в виде импульсных функций, случай произвольного выбора моментов переключения управления.	4
3	Практическое занятие 6-7. Задача дискретного наблюдения (случай заданных моментов включения измерителя и случай произвольного выбора таких моментов).	4

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (часы)
	Практическое занятие 8. Каноническое разбиение управляемых и наблюдаемых систем (выделение управляемой и неуправляемой частей, а также наблюдаемой и ненаблюдаемой).	2
4	Практическое занятие 9-10. Исследование устойчивости решений линейных и нелинейных систем. Первый и второй методы Ляпунова.	4
	Практическое занятие 11. Стабилизация систем с неполной информацией. Стабилизация нелинейных систем.	2
5	Практическое занятие 12. Оптимальное управление системам. Оптимальная стабилизация.	2
	Практическое занятие 13. Оптимальное демпфирование переходных процессов.	2
	Практическое занятие 14. 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, 5, 7-9]. 2. Подготовка к устному опросу.	2
2	3. Поиск, анализ информации и проработка учебного материала [1, 3, 4, 5, 7-9]. 4. Подготовка к письменной аудиторной работе.	4
3	1. Поиск, анализ информации и проработка учебного материала [1, 3, 4, 5, 6, 7-9]. 2. Подготовка к письменной аудиторной работе.	4

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудо-емкость (часы)
4	1. Поиск, анализ информации и проработка учебного материала [1, 3, 4; 5, 7-9]. 2. Подготовка к письменной аудиторной работе.	4
5	1. Поиск, анализ информации и проработка учебного материала [2, 3, 5, 6, 7-9]. 2. Подготовка к письменной аудиторной работе.	2
Итого по дисциплине		16

### 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.

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.

б) дополнительная литература:

3 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.

4 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.

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



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

6 **Научное сообщество** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://mathinfinity.net.ru/>, свободный (дата обращения: 27.07.2017).

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: 27.07.2017).

8 **Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://elibrary.ru/>, свободный (дата обращения: 27.07.2017).

9 **Электронно-библиотечная система издательства «Лань»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>, свободный (дата обращения: 27.07.2017).

### **7 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Компьютерные классы кафедры № 8 (ауд.: 800, 801, 803, 804) с доступом в Интернет, переносной проектор.

Информационно-справочные и материальные ресурсы библиотеки СПбГУ ГА.

Лицензионное программное обеспечение: Microsoft Office.

### **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 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 познавательные-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 Microsoft Office.

### **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 экзамена в 7 семестре. Этот вид промежуточной аттестации позволяет оценить уровень освоения студентом компетенций за весь период изучения дисциплины. Экзамен 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		
<b>Контактная работа</b>				
<i>Аудиторные занятия</i>				
Лекция №1 (Тема 1)	0,5	0,75	1	
Лекция №2 (Тема 1)	0,5	0,75	1	
Практическое занятие №1 (Тема 1)	3	4	2	
Лекция №3 (Тема 2)	0,5	0,75	2	
Практическое занятие №2 (Тема 2)	1	1,5	3	
Лекция №4 (Тема 2)	0,5	0,75	3	
Практическое занятие №3 (Тема 2)	1	1,5	4	
Лекция №5 (Тема 2)	0,5	0,75	4	
Практическое занятие №4 (Тема 2)	3	4	5	
Практическое занятие №5 (Тема 2)	4,5	8	5	
Лекция №6 (Тема 3)	0,5	0,75	6	
Практическое занятие №6 (Тема 3)	1	1,5	6	
Лекция №7 (Тема 3)	0,5	0,75	7	
Практическое занятие №7 (Тема 3)	3	4	7	
Лекция №8 (Тема 3)	0,5	0,75	8	
Практическое занятие №8 (Тема 3)	4,5	8	8	
Лекция №9 (Тема 4)	0,5	0,75	9	
Практическое занятие №9 (Тема 4)	1	1,5	9	
Лекция №10 (Тема 4)	0,5	0,75	10	
Практическое занятие №10 (Тема 4)	3	4	10	
Лекция №11 (Тема 4)	0,5	0,75	11	
Практическое занятие №11 (Тема 4)	4,5	8	11	
Лекция №12 (Тема 5)	0,5	0,75	12	
Практическое занятие №12 (Тема 5)	1	1,5	12	
Лекция №13 (Тема 5)	0,5	0,75	13	
Практическое занятие №13 (Тема 5)	4,5	8	13	
Лекция №14 (Тема 5)	0,5	0,75	14	
Практическое занятие №14 (Тема 5)	3	4	14	
<b>Итого по обязательным видам занятий</b>	<b>45</b>	<b>70</b>		
<b>Экзамен</b>	<b>15</b>	<b>30</b>		
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>60</b>	<b>100</b>		
<i>Премияльные виды деятельности (для учета при определении рейтинга)</i>				
Научные публикации по темам дисциплины		10		
Участие в конференциях по темам дисциплины		10		

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		
Итого дополнительно премиальных баллов		20		
<b>Всего по дисциплине для рейтинга</b>		<b>120</b>		
<b>Перевод баллов балльно-рейтинговой системы в оценку по «академической» шкале</b>				
<b>Количество баллов по БРС</b>	<b>Оценка (по «академической» шкале)</b>			
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 в 0,5 баллов. Активное участие в обсуждении вопросов в ходе лекции – до 0,25 баллов.

Посещение практического занятия с ведением конспекта оценивается от 1 до 1,5 баллов. Устный опрос от 2 до 2,5 баллов. Письменная аудиторная работа от 3,5 до 6,5 баллов.

## 9.3 Темы курсовых работ (проектов) по дисциплине

Написание курсовых работ (проектов) учебным планом не предусмотрено.

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

1. Классификация линейных операторов.
2. Определение пространства и подпространства.
3. Гильбертовы и банаховы пространства.
4. Определение дифференциального уравнения и решения дифференциального уравнения. Задача Коши и краевая задача. Геометрическое истолкование дифференциального уравнения (векторное поле) и его решения (интегральная кривая).
5. Системы и средства автоматизации технологических процессов.

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

Критерий	Этапы формирования	Показатель
<i>Готовность к самостоятельной работе (ОПК-1)</i>		
Знать: - основные классы задач теории управления.	1 этап формирования	- перечисляет основные классы задач теории управления;
		- воспроизводит математическую постановку задач теории управления;
	2 этап формирования	- доказывает корректность допустимых управлений;
		- классифицирует задачи теории управления, в зависимости от исходных параметров;
Уметь: - применять математические методы теории управления к различным классам задач.	1 этап формирования	- 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;
	2 этап формирования	- определяет целесообразность решения поставленной задачи методами теории управления;
Владеть: - навыками использования математических методов теории управления, для решения и анализа профессиональных задач.	1 этап формирования	- основные этапы решения профессиональных задач;
		- разделяет решение профессиональной задачи на этапы, в том числе в области управляемой динамической системы;
	2 этап формирования	- планирует и решает профессиональные задачи анализа и синтеза управляемой системы;
<i>Способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, готовностью использовать для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат (ПК-9)</i>		

Критерий	Этапы формирования	Показатель
<p><b>Знать:</b> - принципы и методы построения моделей динамических систем управления.</p>	1 этап формирования	– перечисляет типовые задачи анализа систем.
		– классифицирует основные идеальные модели управляемой динамической системы основные законы
		– описывает теоремы о свойствах управляемой динамической системы.
	2 этап формирования	– формулирует и доказывает основные положения, формулы и теоремы управляемой динамической системы.
		– применяет методы исследования и синтеза управляемой динамической системы.
		– подбирать тестовые примеры и рассматривать частные случаи
<p><b>Уметь:</b> – проанализировать результат и скорректировать математическую модель задачи теории управления.</p>	1 этап формирования	– перечислять методы анализа задач теории управления
		– критерии корректности математических моделей задач теории управления
	2 этап формирования	– проверяет правильность решения задачи на известных примерах (частных случаях), устанавливает соответствие полученного решения
		– корректирует использованную математическую модель на основе анализа полученного результата
<p><b>Владеть:</b> - математическим аппаратом описания и исследования различных классов управляемых динамических систем.</p>	1 этап формирования	– перечисляет математические модели, применяемые при решении задач управляемой динамической системы;
	2 этап формирования	– анализирует и оценивает корректность математических моделей при решении задач управляемой динамической системы;

Критерий	Этапы формирования	Показатель
<i>Готовность применять математический аппарат для решения поставленных задач, способностью применить соответствующую процессу математическую модель и проверить ее адекватность, провести анализ результатов моделирования, принять решение на основе полученных результатов (ПК-10)</i>		
Знать: – методы решения задач программного и стабилизирующего управления, задачи наблюдения в линейных системах.	1 этап формирования	– дает определение « объекту управления», «динамическим системам»; – перечисляет критерии полной управляемости и наблюдаемости систем;
	2 этап формирования	– применяет критерии полной управляемости и наблюдаемости систем;
Уметь: – применять классические методы анализа и синтеза стационарных линейных систем, методы пространства состояний.	1 этап формирования	– формулирует постановку задач стабилизации, управления и наблюдения линейных стационарных систем;
	2 этап формирования	– перечисляет классы уравнений состояния динамических систем; – оценивает устойчивость процесса управления;
		– исследует динамическую систему на наблюдаемость и управляемость;
Владеть: – алгоритмами решения задач программных и стабилизирующих управлений и наблюдения.	1 этап формирования	– описывает алгоритмы решения задач программного управления, наблюдения и стабилизации;
	2 этап формирования	– решает задачи с применением алгоритмов решения задач программных и стабилизирующих управлений и наблюдения;
<i>Способностью самостоятельно изучать новые разделы фундаментальных наук (ПК-12)</i>		
Знать: – методы построения оптимальных	1 этап	– дает определение критерия существования оптимального управления;

Критерий	Этапы формирования	Показатель
управлений.	формирования	– описывает алгоритмы построения оптимальных управлений;
	2 этап формирования	– определяет возможность нахождения оптимального управления;
		– находит оптимальные управления, используя соответствующие алгоритмы;
		– доказывает теоремы об оптимальности управлений;
Уметь: – анализировать оптимальность программных и стабилизирующих управлений.	1 этап формирования	– перечисляет возможные случаи существования оптимальных управлений;
	2 этап формирования	– описывает качество управления используя интегральные функционалы;
Владеть: – навыками применения методов построения оптимальных программных стабилизирующих управлений.	1 этап формирования	– описывает алгоритмы построения оптимальных управлений и стабилизаций;
	2 этап формирования	– применяет схемы построения оптимального демпфирующего управления;
		– объясняет и использует корректные алгоритмы для построения оптимальных управлений.

Характеристики шкалы оценивания приведены ниже.

1. Максимальное количество баллов за экзамен – 30. Минимальное количество баллов за экзамен – 15 баллов.
2. При наборе менее 15 баллов – экзамен не сдан по причине недостаточного уровня знаний.
3. Экзаменационная оценка 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 быстродействия.
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  $\beta$  и  $\gamma$  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)  $P = \begin{pmatrix} -1 & 1 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}$ ,  $Q = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \end{pmatrix}$ ,  $x^{(1)} = \begin{pmatrix} -1 \\ 2 \end{pmatrix}$ ,  $x^{(2)} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \end{pmatrix}$ ,  $t \in [0, 2]$ ;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 для проведения промежуточной аттестации по дисциплине в форме экзамена**

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:  $U = \{u : \|u\| = 1\}$ .

**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 ведения 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 7-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 экзамена по дисциплине, предполагающая интеграцию и систематизацию всех полученных при изучении учебной дисциплины знаний.

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



Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика».

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры №16 Прикладной математики

« 19 » декабря 2016 года, протокол № 6.

Разработчики:



Цыбова Е.А.

*(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчиков)*

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 руководителя ОПОП)*

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Университета « 15 » февраля 2017 года, протокол № 5.

С изменениями и дополнениями от «30» августа 2017 года, протокол № 10 (в соответствии с Приказом от 5 апреля 2017 г. № 301 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»).