

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева»**  
**АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)**

---

---

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

\_\_\_\_\_ Глебов В.В.

« 22 » июня 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.15 Теория управления

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки 01.03.04 Прикладная математика

(код и направление подготовки)

Направленность Математическое и программное обеспечение систем обработки информации

(наименование профиля, программы магистратуры)

и управления

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки 2018

Объем дисциплины 180/5

(часов/з.е)

Промежуточная аттестация экзамен

(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Выпускающая кафедра Прикладная математика

(наименование кафедры)

Кафедра-разработчик Прикладная математика

(наименование кафедры)

Разработчик(и): Пакшин Павел Владимирович, д.ф.-м.н, профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

г. Арзамас  
2021 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика, утвержденного приказом Минобрнауки России от 10 января 2018 № 11 на основании учебного плана, принятого Ученым советом АПИ НГТУ, протокол от 09.06.2021 г. № 4

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика, протокол от 22.06.2022 № 5/1

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Пакшин П.В.  
(подпись) (ФИО)

Рабочая программа рекомендована к утверждению УМК АПИ НГТУ,  
протокол от 22.06.2021 г. № 15

Зам. директора по УР \_\_\_\_\_ Шурыгин А.Ю.  
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в учебном отделе № 01.03.04 - 15

Начальник УО \_\_\_\_\_ Мельникова О.Ю.  
(подпись)

Заведующая отделом библиотеки \_\_\_\_\_ Старостина О.Н.  
(подпись)

## Оглавление

|                                                                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....                                                                                                                                               | 4  |
| 1.1. Цель освоения дисциплины (модуля) .....                                                                                                                                                      | 4  |
| 1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля) .....                                                                                                                                                    | 4  |
| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....                                                                                                                           | 4  |
| 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....                                                                                                          | 4  |
| 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....                                                                                                                                               | 6  |
| 4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам .....                                                                                                                       | 6  |
| 4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам.....                                                                                                                              | 6  |
| 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....                                                                                           | 9  |
| 5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания.....                                                                                                        | 9  |
| 5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины .....                                                                                                                                    | 14 |
| 5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости .....                       | 14 |
| 5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине .....                            | 16 |
| 5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине .....                                                                                                                                | 18 |
| 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....                                                                                                                                               | 21 |
| 6.1 Основная литература .....                                                                                                                                                                     | 21 |
| 6.2 Дополнительная литература .....                                                                                                                                                               | 21 |
| 6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям .....                                                                                                                       | 21 |
| 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....                                                                                                                                                    | 21 |
| 7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы ..... | 21 |
| 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....                                                                                                                                        | 21 |
| 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....                                                                       | 22 |
| 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....                                                                                                                    | 23 |
| 10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии.....                                                                                      | 23 |
| 10.2 Методические указания для занятий лекционного типа .....                                                                                                                                     | 23 |
| 10.3 Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах.....                                                                                                                    | 23 |
| 10.4 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся .....                                                                                                                            | 24 |
| 10.5 Методические указания для выполнения курсового проекта / работы.....                                                                                                                         | 24 |
| 10.6 Методические указания по обеспечению образовательного процесса .....                                                                                                                         | 25 |

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является подготовка студентов к выполнению профессиональных задач в рамках трудовой деятельности по профессиональному стандарту 40.011 «Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок» в рамках обобщенной трудовой функции «Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы» и изучение основ теории управления в рамках детерминированных линейных моделей.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)

- Построение линейных математических моделей систем управления
- Анализ устойчивости и качества непрерывных и дискретных систем управления
- Синтез законов управления непрерывных и дискретных систем управления
- Компьютерное моделирование непрерывных и дискретных систем управления на основе современного программного обеспечения

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Теория управления» относится к обязательной части ОП ВО.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах в объеме программы подготовки бакалавров: «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Физика», «Дифференциальные уравнения», «Теория функций комплексного переменного», «Моделирование в MATLAB», «Методы оптимизации», «Матричные уравнения и неравенства»

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: «Теоретические основы инерциальной навигации», «Математические модели неопределенных систем», «Теория навигационных систем», «Преддипломная практика» и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Теория управления» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины «Теория управления» направлен на формирование элементов общепрофессиональной компетенции ОПК-2 и профессиональной компетенции ПКС-2 в соответствии с ОП ВО по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика».

Таблица 3.1 – Формирование компетенций дисциплинами

| Код компетенции/ наименование дисциплин, формирующих компетенциюсовместно | Семестры формирования дисциплины                              |   |   |   |   |   |   |   |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
|                                                                           | Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра |   |   |   |   |   |   |   |
|                                                                           | 1                                                             | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| <b>ОПК-2</b>                                                              |                                                               |   |   |   |   |   |   |   |
| Дифференциальные уравнения                                                |                                                               |   | ✓ |   |   |   |   |   |
| Дискретная математика                                                     |                                                               |   | ✓ |   |   |   |   |   |
| Математическое моделирование                                              |                                                               |   |   |   |   | ✓ |   |   |
| Теория графов и математическая логика                                     |                                                               |   |   |   |   | ✓ |   |   |
| Методы оптимизации                                                        |                                                               |   |   |   |   | ✓ |   |   |
| Теория управления                                                         |                                                               |   |   |   |   |   | ✓ |   |

| Код компетенции/ наименование дисциплин, формирующих компетенциюсовместно | Семестры формирования дисциплины                              |   |   |   |   |   |   |   |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
|                                                                           | Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра |   |   |   |   |   |   |   |
|                                                                           | 1                                                             | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Преддипломная практика                                                    |                                                               |   |   |   |   |   |   | ✓ |
| Выполнение и защита ВКР                                                   |                                                               |   |   |   |   |   |   | ✓ |
| <b>ПКС-2</b>                                                              |                                                               |   |   |   |   |   |   |   |
| Численные методы                                                          |                                                               |   |   |   | ✓ |   |   |   |
| Уравнения математической физики                                           |                                                               |   |   |   |   | ✓ |   |   |
| Теория управления                                                         |                                                               |   |   |   |   |   | ✓ |   |
| Специальные численные методы                                              |                                                               |   |   |   |   |   | ✓ |   |
| Численные методы алгебры                                                  |                                                               |   |   |   |   |   | ✓ |   |
| Имитационное моделирование                                                |                                                               |   |   |   |   |   |   | ✓ |
| Преддипломная практика                                                    |                                                               |   |   |   |   |   |   | ✓ |
| Выполнение и защита ВКР                                                   |                                                               |   |   |   |   |   |   | ✓ |

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Теория управления», соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП, представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                                                 | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                          | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-2<br>Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем | ИОПК-2.1. Использует математические методы, методы математического моделирования, теории управления и технологии программирования для решения различных задач | <b>Знать:</b><br>- базовые принципы и понятия теории управления<br>- принцип обратной связи, понятия устойчивости, управляемости, наблюдаемости | <b>Уметь:</b><br>- анализировать разрабатываемые системы управления, руководствуясь базовыми принципами и понятиями теории управления, а также классическими и современными методами решения задач анализа и синтеза систем управления<br>- применять базовые принципы и понятия теории управления при решении задач анализа и синтеза систем управления на основе классических и современных методов | <b>Владеть:</b><br>- навыками решения задач анализа и синтеза систем управления<br>- современными программными средствами решения задач анализа и синтеза систем управления (Control Systems Toolbox из пакета MATLAB) |
| ПКС-2<br>Способен проводить аналитические и имитационные исследования                                                                                                                                                                                                          | ИПКС-2.2. Планирует и проводит аналитические и экспериментальные исследования с использованием новейших достижений науки и техники.                           | <b>Знать:</b><br>- классические и современные методы решения задач анализа и синтеза систем управления                                          | <b>Уметь:</b><br>- осуществлять проверку адекватности систем управления, анализ и интерпретацию результатов                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Владеть:</b><br>- навыками оценивания надежности и качества функционирования системы управления                                                                                                                     |

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. ед. или 180 часов, распределение часов по видам работ по семестрам представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очной формы обучения

| Вид учебной работы                                                                                                                                                                                              | Трудоемкость в час                               |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------|
|                                                                                                                                                                                                                 | Всего час.                                       | В т.ч. по семестрам |
|                                                                                                                                                                                                                 |                                                  | 7 семестр           |
| Формат изучения дисциплины                                                                                                                                                                                      | с использованием элементов электронного обучения |                     |
| <b>Общая трудоемкость</b> дисциплины по учебному плану                                                                                                                                                          | <b>180</b>                                       | <b>180</b>          |
| <b>1. Контактная работа:</b>                                                                                                                                                                                    | <b>62</b>                                        | <b>62</b>           |
| <b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>                                                                                                                                                                     | <b>54</b>                                        | <b>54</b>           |
| занятия лекционного типа (Л)                                                                                                                                                                                    | 22                                               | 22                  |
| занятия семинарского типа (ПЗ – семинары, практические занятия и др.)                                                                                                                                           |                                                  |                     |
| лабораторные работы (ЛР)                                                                                                                                                                                        | 32                                               | 32                  |
| <b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>                                                                                                                                                                          | <b>8</b>                                         | <b>8</b>            |
| курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)                                                                                                                                                         | 2                                                | 2                   |
| текущий контроль, консультации по дисциплине                                                                                                                                                                    | 4                                                | 4                   |
| контактная работа на промежуточном контроле (КРА)                                                                                                                                                               | 2                                                | 2                   |
| <b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>                                                                                                                                                                          | <b>118</b>                                       | <b>118</b>          |
| реферат/эссе (подготовка)                                                                                                                                                                                       |                                                  |                     |
| расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)                                                                                                                                                                  |                                                  |                     |
| контрольная работа                                                                                                                                                                                              |                                                  |                     |
| курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)                                                                                                                                                                     | 36                                               | 36                  |
| самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.) | 46                                               | 46                  |
| Подготовка к экзамену (контроль)*                                                                                                                                                                               | 36                                               | 36                  |
| Подготовка к зачету / зачету с оценкой (контроль)                                                                                                                                                               |                                                  |                     |

### 4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам

Таблица 4.2 – Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очной формы обучения

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения: код УК;<br>ОПК; ПК и<br>индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем                                                                                                 | Виды учебной работы<br>(час) |                        |                         |                                     | Вид СРС                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                            |                                                                                                                            | Контактная<br>работа         |                        |                         | Самостоятельная<br>работа студентов |                                                                                                               |
|                                                                                                                            |                                                                                                                            | Лекции                       | Лабораторные<br>работы | Практические<br>занятия |                                     |                                                                                                               |
| 1                                                                                                                          | 2                                                                                                                          | 3                            | 4                      | 5                       | 6                                   | 7                                                                                                             |
| 7 семестр                                                                                                                  |                                                                                                                            |                              |                        |                         |                                     |                                                                                                               |
| ОПК-2<br>ИОПК-2.1<br>ПКС-2<br>ИПКС-2.2                                                                                     | Раздел 1. Базовые понятия и принципы теории управления                                                                     |                              |                        |                         |                                     |                                                                                                               |
|                                                                                                                            | Тема 1.1 Становление науки об управлении. Задача о центробежном регуляторе. Решение И.А. Вышнеградского                    | 1                            |                        |                         | 1                                   | проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий [6.1.1, 6.1.2], [6.2.1] |
|                                                                                                                            | Тема 1.2. Структура системы управления. Разомкнутые и замкнутые системы. Принцип обратной связи. Типовые законы управления | 1                            |                        |                         | 1                                   |                                                                                                               |
|                                                                                                                            | Итого по 1 разделу                                                                                                         | 2                            |                        |                         | 2                                   |                                                                                                               |

| 1 | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3         | 4                | 5 | 6                | 7                                                                                                             |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------------|---|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <b>Раздел 2. Непрерывные системы управления</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |                  |   |                  |                                                                                                               |
|   | <b>Тема 2.1</b> Математическое описание непрерывных систем управления.<br>Нелинейные модели в пространстве состояний<br>Линеаризация. Линейные модели в виде уравнений состояния. Основные характеристики линейных систем в пространстве состояний. Преобразование Лапласа. Характеристики линейных систем в области преобразования Лапласа. Резольвента, передаточная функция и частотная характеристика. Логарифмическая частотная характеристика. Структурные схемы и соединения линейных систем. Преобразования структурных схем. Элементарные звенья и их характеристики.                                                                                                                 | 3         |                  |   | 1                | проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий [6.1.1, 6.1.2], [6.2.1] |
|   | <b>Лабораторная работа №1</b> Моделирование и анализ лабораторного макета манипулятора с гибким поворотным звеном                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |           | 4                |   | 3                | подготовка к лабораторным занятиям [6.3.1], [6.1.1, 6.1.2]                                                    |
|   | <b>Лабораторная работа №2</b> Моделирование и анализ перевернутого поворотного маятника                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |           | 4                |   | 3                |                                                                                                               |
|   | <b>Тема 2.2</b> Устойчивость, управляемость и наблюдаемость непрерывных систем управления<br>Понятие и определения устойчивости. Функция Ляпунова. Теорема об экспоненциальной устойчивости. Квадратичная функция Ляпунова и матричное уравнение Ляпунова. Алгебраические критерии устойчивости<br>Частотные критерии устойчивости. Запасы устойчивости по амплитуде и по фазе.<br>Робастная устойчивость. Анализ устойчивости на основе техники линейных матричных неравенств.<br>Управляемость и наблюдаемость. Критерии управляемости и наблюдаемости.                                                                                                                                      | 3         |                  |   | 2                | проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий [6.1.1, 6.1.2], [6.2.1] |
|   | <b>Тема 2.3</b> Качество непрерывных систем управления<br>Показатели качества переходного процесса. Частотные показатели качества. Корневые показатели качества. Типовые распределения корней. Интегральные оценки качества. Показатели качества в установившемся режиме.<br>Статические и астатические системы. Структура астатической системы управления.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 3         |                  |   | 2                |                                                                                                               |
|   | <b>Лабораторная работа №3.</b> Анализ непрерывной линейной системы на основе программного приложения «ControlSystemstoolbox» пакета MATLAB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |           | 4                |   | 3                | подготовка к лабораторным занятиям [6.3.1], [6.1.1, 6.1.2]                                                    |
|   | <b>Тема 2.4</b> Синтез непрерывных систем управления<br>Синтез ПИД-регуляторов. Задача о линейно-квадратическом регуляторе. Синтез управления со статической обратной связью по состоянию методом оптимальной функции Ляпунова. Синтез управления со статической обратной связью по выходу методом множителей Лагранжа. Синтез управления со статической обратной связью по выходу на основе техники линейных матричных неравенств. Понятие о модальном управлении. Теорема о размещении полюсов полностью управляемой системы с помощью обратной связи по состоянию. Наблюдатель в контуре управления. Алгебраическое разделение. Синтез управления с динамической обратной связью по выходу. | 3         |                  |   | 3                | проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий [6.1.1, 6.1.2], [6.2.1] |
|   | <b>Лабораторная работа № 4</b> Построение и анализ ПИД-регулятора скорости вращения вала электродвигателя.<br><b>Лабораторная работа № 5</b> Построение и анализ ПИД-регулятора угла поворота вала электродвигателя.<br><b>Лабораторная работа № 6</b> Построение линейно-квадратичного регулятора лабораторного макета манипулятора с гибким поворотным звеном<br><b>Лабораторная работа № 7</b> Построение линейно-квадратичного регулятора перевернутого поворотного маятника                                                                                                                                                                                                               |           | 4<br>4<br>4<br>4 |   | 3<br>3<br>3<br>3 | подготовка к лабораторным занятиям [6.3.1], [6.1.1, 6.1.2]                                                    |
|   | <b>Итого по 2 разделу</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>12</b> | <b>28</b>        |   | <b>26</b>        |                                                                                                               |

| 1                                      | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3         | 4         | 5 | 6         | 7                                                                                                             |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|---|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                        | <b>Раздел 3 Дискретные системы управления</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |           |           |   |           |                                                                                                               |
|                                        | <b>Тема 3.1</b> Математическое описание дискретных систем управления<br>Дискретная модель линейной системы с цифровыми сигналами на входе и выходе. Разностные уравнения состояния. Характеристики дискретных линейных систем в пространстве состояний. Применение z-преобразования. Характеристики дискретных линейных систем в области z-преобразования. Резольвента, передаточная функция и частотная характеристика дискретной системы.                                                                                                            | 2         |           |   | 1         | проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий [6.1.1, 6.1.2], [6.2.1] |
|                                        | <b>Тема 3.2</b> Устойчивость, управляемость и наблюдаемость дискретных систем управления<br>Понятие и определения устойчивости. Функция Ляпунова. Теорема об экспоненциальной устойчивости. Квадратичная функция Ляпунова и дискретное матричное уравнение Ляпунова. Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Анализ устойчивости на основе техники линейных матричных неравенств. Управляемость и наблюдаемость.                                                                                                                             | 3         |           |   | 2         |                                                                                                               |
|                                        | <b>Тема 3.3</b> Синтез дискретных систем управления<br>Задача о линейно-квадратическом регуляторе дискретной системы. Синтез управления со статической обратной связью по состоянию методом оптимальной функции Ляпунова. Синтез управления со статической обратной связью по выходу методом множителей Лагранжа. Синтез управления со статической обратной связью по выходу на основе техники линейных матричных неравенств. Наблюдатель в контуре управления. Алгебраическое разделение. Синтез управления с динамической обратной связью по выходу. | 3         |           |   | 2         |                                                                                                               |
|                                        | <b>Лабораторная работа № 8</b> Анализ дискретной линейной системы на основе программного приложения «ControlSystemToolbox» пакета MATLAB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |           | 4         |   | 3         | подготовка к лабораторным занятиям [6.3.1], [6.1.1, 6.1.2]                                                    |
|                                        | <b>Итого по 3 разделу</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>8</b>  | <b>4</b>  |   | <b>8</b>  |                                                                                                               |
| ОПК-2<br>ИОПК-2.1<br>ПКС-2<br>ИПКС-2.2 | <b>КУРСОВАЯ РАБОТА (КР)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |           |   | <b>36</b> | Подготовка к выполнению и защите КР [6.3.2, 6.2.1]                                                            |
|                                        | <b>Всего за семестр</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>22</b> | <b>32</b> |   | <b>82</b> |                                                                                                               |
| <b>Всего по дисциплине</b>             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>22</b> | <b>32</b> |   | <b>82</b> |                                                                                                               |

Используемые активные и интерактивные технологии приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Используемые активные и интерактивные образовательные технологии

| Вид занятий         | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий                                                                                                                                    |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекции              | Технология развития критического мышления<br>Дискуссионные технологии                                                                                                                                            |
| Лабораторные работы | Технология развития критического мышления<br>Дискуссионные технологии<br>Тестовые технологии<br>Технологии работы в малых группах<br>Технология коллективной работы<br>Информационно-коммуникационные технологии |



## **5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Критерии оценивания результатов обучения и процедуры оценивания компетенций, формируемых в рамках данной дисциплины, приводятся в табл. 5.6.

Оценочные процедуры в рамках текущего контроля проводятся преподавателем дисциплины. На лекциях оценивается активность участия в дискуссионных обсуждениях. Лабораторные занятия проводятся в форме выполнения индивидуальных заданий. При выполнении индивидуального лабораторного задания преподавателем оценивается качество выполненного задания, срок его выполнения, качество и срок оформления отчета, ответы на вопросы преподавателя.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1.

Самостоятельная работа включает выполнение индивидуальных заданий - курсовая работа. Курсовая работа выполняется на основе выданного задания. Требования к содержанию и оформлению курсовой работы представлены в фонде оценочных средств дисциплины.

Оценивание результатов курсовой работы проводится преподавателем в рамках проведения текущих консультаций по курсовому проектированию и защиты курсовой работы студентом. Защита курсовой работы является одной из форм промежуточного контроля успеваемости студентов. Промежуточная аттестация по дисциплине в форме курсовой работы проводится до начала проведения промежуточной аттестации в форме экзамена по данной дисциплине.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации для курсовой работы представлены в табл. 5.2.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена. Экзамен состоит из 2 теоретических вопросов и задачи.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации для экзамена представлены в табл. 5.3.

В таблицах 5.4 и 5.5 представлены шкалы соответствия набранных баллов по промежуточной аттестации и оценок для курсовой работы и экзамена по дисциплине.

Таблица 5.1 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                                                 | Код и наименование индикатора компетенции                                                                                                                     | Показатели контроля успеваемости                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Критерии и шкала оценивания                                                 |                                                             | Форма контроля                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0 баллов                                                                    | 1 баллов                                                    |                                                                            |
| ОПК-2<br>Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем | ИОПК-2.1. Использует математические методы, методы математического моделирования, теории управления и технологии программирования для решения различных задач | <b>Знать:</b><br>- базовые принципы и понятия теории управления<br>- принцип обратной связи, понятия устойчивости, управляемости, наблюдаемости                                                                                                                                                                                                                                                       | Теоретический материал не изучен или изучен частично.                       | Теоретический материал изучен.                              | Контроль участия в дискуссиях на лекциях.                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                               | <b>Уметь:</b><br>- анализировать разрабатываемые системы управления, руководствуясь базовыми принципами и понятиями теории управления, а также классическими и современными методами решения задач анализа и синтеза систем управления<br>- применять базовые принципы и понятия теории управления при решении задач анализа и синтеза систем управления на основе классических и современных методов | Лабораторные задания и курсовая работа не выполнены или выполнены частично. | Лабораторные задания и курсовая работа выполнены полностью. | Контроль выполнения лабораторных заданий и курсовой работы (см. табл. 4.2) |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                               | <b>Владеть:</b><br>- навыками решения задач анализа и синтеза систем управления<br>- современными программными средствами решения задач анализа и синтеза систем управления (Control Systems Toolbox из пакета MATLAB)                                                                                                                                                                                | Лабораторные задания и курсовая работа не выполнены или выполнены частично. | Лабораторные задания и курсовая работа выполнены полностью. | Контроль выполнения лабораторных заданий и курсовой работы (см. табл. 4.2) |
| ПКС-2<br>Способен проводить аналитические и имитационные исследования                                                                                                                                                                                                          | ИПКС-2.2. Планирует и проводит аналитические и экспериментальные исследования с использованием новейших достижений науки и техники.                           | <b>Знать:</b><br>- классические и современные методы решения задач анализа и синтеза систем управления                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Теоретический материал не изучен или изучен частично.                       | Теоретический материал изучен.                              | Контроль участия в дискуссиях на лекциях                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                               | <b>Уметь:</b><br>- осуществлять проверку адекватности систем управления, анализ и интерпретацию результатов                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Лабораторные задания и курсовая работа не выполнены или выполнены частично. | Лабораторные задания и курсовая работа выполнены полностью. | Контроль выполнения лабораторных заданий и курсовой работы (см. табл. 4.2) |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                               | <b>Владеть:</b><br>- навыками оценивания надежности и качества функционирования системы управления                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Лабораторные задания и курсовая работа не выполнены или выполнены частично. | Лабораторные задания и курсовая работа выполнены полностью. | Контроль выполнения лабораторных заданий и курсовой работы (см. табл. 4.2) |

Таблица 5.2 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (курсовая работа)

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                                                 | Код и наименование индикатора компетенции                                                                                                                     | Показатели контроля успеваемости                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Критерии и шкала оценивания                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                     | Форма контроля                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0 баллов                                                                                                                                                                                     | 1 балл                                                                                                                                                                                  | 2 балла                                                                                                                                                             |                                                                        |
| ОПК-2<br>Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем | ИОПК-2.1. Использует математические методы, методы математического моделирования, теории управления и технологии программирования для решения различных задач | <b>Знать:</b><br>- базовые принципы и понятия теории управления<br>- принцип обратной связи, понятия устойчивости, управляемости, наблюдаемости                                                                                                                                                                                                                                                       | Очень слабое понимание теоретического материала<br>Содержание в целом не соответствует заданию<br>Большое количество нарушений в логике изложения материала<br>Ответы на вопросы отсутствуют | Слабое понимание теоретического материала<br>Содержание частично не соответствует заданию<br>Не большое количество нарушений в логике изложения материала<br>Ответы на вопросы неполные | Глубокие знания теоретического материала<br>Содержание соответствует заданию<br>Структура работы логически и методически выдержана<br>Развернутые ответы на вопросы | Контроль выполнения курсовой работы<br>Ответы на теоретические вопросы |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                               | <b>Уметь:</b><br>- анализировать разрабатываемые системы управления, руководствуясь базовыми принципами и понятиями теории управления, а также классическими и современными методами решения задач анализа и синтеза систем управления<br>- применять базовые принципы и понятия теории управления при решении задач анализа и синтеза систем управления на основе классических и современных методов | Анализ задания не выполнен<br>Задание не выполнено<br>Полученные результаты не соответствуют требованиям задания.<br>Оформление не соответствует требованиям                                 | Анализ задания выполнен<br>Задание выполнено частично<br>Полученные результаты не полностью соответствуют требованиям задания<br>Оформление не полностью соответствует требованиям      | Анализ задания выполнен<br>Задание выполнено полностью<br>Полученные результаты соответствуют требованиям задания<br>Оформление полностью соответствует требованиям | Консультации по курсовой работе<br>Контроль выполнения курсовой работы |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                               | <b>Владеть:</b><br>- навыками решения задач анализа и синтеза систем управления<br>- современными программными средствами решения задач анализа и синтеза систем управления (Control Systems Toolbox из пакета MATLAB)                                                                                                                                                                                | Не владеет методами решения задач<br>Отсутствует способность анализировать решение задачи<br>Выводы и предложения отсутствуют                                                                | Владеет основными методами решения задач<br>Умеет анализировать решение задачи<br>Выводы и предложения отсутствуют                                                                      | Владеет методами и способами решения задач<br>Умеет анализировать решение задачи<br>Выводы и предложения убедительно аргументированы                                | Консультации по курсовой работе<br>Контроль выполнения курсовой работы |

| Код и наименование компетенции                                        | Код и наименование индикатора компетенции                                                                                           | Показатели контроля успеваемости                                                                            | Критерии и шкала оценивания                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                     | Форма контроля                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                                                                       |                                                                                                                                     |                                                                                                             | 0 баллов                                                                                                                                                                                     | 1 балл                                                                                                                                                                                  | 2 балла                                                                                                                                                             |                                                                        |
| ПКС-2<br>Способен проводить аналитические и имитационные исследования | ИПКС-2.2. Планирует и проводит аналитические и экспериментальные исследования с использованием новейших достижений науки и техники. | <b>Знать:</b><br>- классические и современные методы решения задач анализа и синтеза систем управления      | Очень слабое понимание теоретического материала<br>Содержание в целом не соответствует заданию<br>Большое количество нарушений в логике изложения материала<br>Ответы на вопросы отсутствуют | Слабое понимание теоретического материала<br>Содержание частично не соответствует заданию<br>Не большое количество нарушений в логике изложения материала<br>Ответы на вопросы неполные | Глубокие знания теоретического материала<br>Содержание соответствует заданию<br>Структура работы логически и методически выдержана<br>Развернутые ответы на вопросы | Контроль выполнения курсовой работы<br>Ответы на теоретические вопросы |
|                                                                       |                                                                                                                                     | <b>Уметь:</b><br>- осуществлять проверку адекватности систем управления, анализ и интерпретацию результатов | Анализ задания не выполнен<br>Задание не выполнено<br>Полученные результаты не соответствуют требованиям задания<br>Оформление не соответствует требованиям                                  | Анализ задания выполнен<br>Задание выполнено частично<br>Полученные результаты не полностью соответствуют требованиям задания<br>Оформление не полностью соответствует требованиям      | Анализ задания выполнен<br>Задание выполнено полностью<br>Полученные результаты соответствуют требованиям задания<br>Оформление полностью соответствует требованиям | Консультации по курсовой работе<br>Контроль выполнения курсовой работы |
|                                                                       |                                                                                                                                     | <b>Владеть:</b><br>- навыками оценивания надежности и качества функционирования системы управления          | Не владеет методами решения задач<br>Отсутствует способность анализировать решение задачи<br>Выводы и предложения отсутствуют                                                                | Владеет основными методами решения задач<br>Умеет анализировать решение задачи<br>Выводы и предложения отсутствуют                                                                      | Владеет методами и способами решения задач<br>Умеет анализировать решение задачи<br>Выводы и предложения убедительно аргументированы                                | Консультации по курсовой работе<br>Контроль выполнения курсовой работы |

Таблица 5.3 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (экзамен)

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                                                 | Код и наименование индикатора компетенции                                                                                                                     | Показатели контроля успеваемости                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Критерии и шкала оценивания |                                       |                                         | Форма контроля                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0 баллов                    | 1 балл                                | 2 балла                                 |                                      |
| ОПК-2<br>Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем | ИОПК-2.1. Использует математические методы, методы математического моделирования, теории управления и технологии программирования для решения различных задач | <b>Знать:</b><br>- базовые принципы и понятия теории управления<br>- принцип обратной связи, понятия устойчивости, управляемости, наблюдаемости                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Ответ на вопрос отсутствует | Представлен не полный ответ на вопрос | Представлен развернутый ответ на вопрос | Ответ на теоретический вопрос билета |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Ответ на вопрос отсутствует | Представлен не полный ответ на вопрос | Представлен развернутый ответ на вопрос | Ответы на дополнительные вопросы     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                               | <b>Уметь:</b><br>- анализировать разрабатываемые системы управления, руководствуясь базовыми принципами и понятиями теории управления, а также классическими и современными методами решения задач анализа и синтеза систем управления<br><br>- применять базовые принципы и понятия теории управления при решении задач анализа и синтеза систем управления на основе классических и современных методов<br><br><b>Владеть:</b><br>- навыками решения задач анализа и синтеза систем управления<br><br>- современными программными средствами решения задач анализа и синтеза систем управления (Control Systems Toolbox из пакета MATLAB) | Задание не выполнено        | Задание выполнено с ошибками          | Задание выполнено верно                 | Решение задач билета                 |

Таблица 5.4 – Соответствие набранных баллов и оценки за промежуточную аттестацию (курсовая работа)

| Баллы за промежуточную аттестацию | Оценка                |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Суммарное количество баллов*      |                       |
| 0                                 | «неудовлетворительно» |
| 0 - 1                             | «удовлетворительно»   |
| 1 - 2                             | «хорошо»              |
| 2                                 | «отлично»             |

\*) – количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.2.

Таблица 5.5 – Соответствие набранных баллов и оценки за промежуточную аттестацию (экзамен)

| Баллы за текущую успеваемость* | Баллы за промежуточную аттестацию |                          | Оценка                |
|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|
|                                | Суммарное количество баллов**     | Баллы за решение задач** |                       |
| 0                              | 0-1                               | 0-1                      | «неудовлетворительно» |
| 1                              | 1                                 | 1                        | «удовлетворительно»   |
| 1                              | 1-2                               | 1-2                      | «хорошо»              |
| 1                              | 2                                 | 2                        | «отлично»             |

\*) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.1.

\*\*) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.3.

## 5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины

**5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости**

### Типовые задания для лабораторных работ

#### 1. Построение и анализ ПИД регулятора скорости электродвигателя постоянного тока

**Цель работы:** моделирование динамики и управление скоростью двигателя постоянного тока.

#### Постановка задачи:

1. На основе ударного теста, найдите коэффициент  $K$  усиления и постоянную времени  $\tau$ .
2. Введите эти параметры в *Model Parameters* и оцените, насколько Ваша модель близка к реальной системе. Если они не совпадают, назовите возможные причины этого несоответствия. Настройте вручную коэффициент усиления  $K$  и постоянную времени  $\tau$  в *Model Parameters*, чтобы модель соответствовала реальной системе.
3. Заполните следующую таблицу в соответствии с полученными результатами.

**Таблица 1 – Таблица с результатами**

| Название               | Обозначение | Значение | Единица измерения |
|------------------------|-------------|----------|-------------------|
| <b>Ударный тест</b>    |             |          |                   |
| Коэффициент усиления   | $K$         |          | рад/с             |
| Постоянная времени     | $\tau$      |          | с                 |
| <b>Проверка модели</b> |             |          |                   |
| Коэффициент усиления   | $K$         |          | рад/с             |
| Постоянная времени     | $\tau$      |          | с                 |

4. Запустите виртуальный инструмент для управления скоростью двигателя постоянного тока. Изучите поведение измеренной скорости по отношению к эталонной. Посмотрите на изменения измеренного сигнала относительно эталонного

- при изменении пропорционального усиления  $k_p$ ;
- при изменении интегрального усиления  $k_i$ .

5. Рассчитайте по формулам ожидаемые время пика  $t_p$  и величину перерегулирования  $PO$  с учетом указанных спецификаций. Вычислите пропорциональное  $k_p$  и интегральное  $k_i$  усиления в соответствии с параметрами модели, подобранными экспериментально, и указанными спецификациями.

6. Запустите виртуальный инструмент. Измерьте время пика и величину перерегулирования измеренного отклика. Являются ли спецификации удовлетворительными?

7. По уравнениям определите, какое влияние оказывает увеличение коэффициента затухания  $\zeta$  и увеличение собственной частоты  $\omega_0$  на измеренную скорость и на усиления управления?

8. Запустите виртуальный инструмент и изучите эффект от повышения веса установленного значения  $b_{sp}$  на траектории измеренной скорости. Объясните, как влияет параметр веса установленного значения на время пика и величину перерегулирования.

9. Запустите виртуальный инструмент и измените тип сигнала на ‘*triangular wave*’. Сравните измеренную и эталонную скорости. Объясните, почему произошла ошибка отслеживания. Какое влияние оказывает увеличение интегрального усиления  $k_i$  на способность отслеживания измеренного сигнала?

## 2. Построение линейно-квадратичного регулятора лабораторного макета манипулятора с гибким поворотным звеном

**Цель работы:** синтез управления однозвенным гибким манипулятором.

### Постановка задачи:

1. Проведите предварительные вычисления необходимые для синтеза линейно-квадратичного регулятора однозвенного гибкого манипулятора.
2. Выполните предварительные задания 1-4 в разделе 2.2.
3. Внедрите сконструированный линейно-квадратичный регулятор на устройстве.
  - Смоделируйте систему управления с обратной связью с использованием LQR-алгоритма. (выполните пп. 1-8 в разделе «Моделирование управления»). Соответствуют ли полученные результаты заданным в начале лабораторной работы характеристикам?;
  - Протестируйте полученное управление на реальной установке Quanser Flexible Link (выполните пп. 1-12 в разделе «Внедрение управления»). Соответствуют ли полученные результаты заданным в начале лабораторной работы характеристикам?
4. Заполните следующую таблицу в соответствии с полученными результатами.

**Таблица 2 – Таблица с результатами**

| Название                | Обозначение       | Значение | Единица измерения |
|-------------------------|-------------------|----------|-------------------|
| <b>Моделирование</b>    |                   |          |                   |
| Весовые матрицы         | $Q$               |          |                   |
|                         | $R$               |          |                   |
| Матрица усиления        | $K$               |          |                   |
| Время                   | $t_s$             |          | сек               |
| Процент превышения      | $PO$              |          | %                 |
| Максимальное отклонение | $ \alpha _{\max}$ |          | °                 |
| <b>Эксперимент</b>      |                   |          |                   |
| Весовые матрицы         | $Q$               |          |                   |
|                         | $R$               |          |                   |

| Название                | Обозначение       | Значение | Единица измерения |
|-------------------------|-------------------|----------|-------------------|
| Матрица усиления        | $K$               |          |                   |
| Время                   | $t_s$             |          | сек               |
| Процент превышения      | $PO$              |          | %                 |
| Максимальное отклонение | $ \alpha _{\max}$ |          | °                 |
| Весовые матрицы         | $Q$               |          |                   |

5. Проведите анализ полученных результатов. Сравните системы управления с обратной связью по состоянию и с обратной связью при неполной информации о состоянии. Сделайте вывод.

### 5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

#### Защита курсовой работы.

Тема курсовой работы – «Синтез системы стабилизации летательного аппарата с неопределенными параметрами модели».

Курсовая работа по дисциплине «Теория управления» представляет собой совокупность расчетов на основе разработанного программного обеспечения и результатов моделирования, оформленных по требованиям к написанию научного отчета ГОСТ 7.32-2001, список использованных источников оформляется по ГОСТ 2008.

. Результаты защиты курсовой работы выставляются по пятибалльной системе оценивания («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно») (табл.5.4).

#### Перечень вопросов к защите курсовой работы:

1. Подходы к синтезу управления для систем с неопределенными параметрами
2. Математические модели неопределенностей
3. Решение алгебраического уравнения Риккати методом выпуклой оптимизации.
4. Вычисление матрицы усиления стабилизирующего управления с обратной связью по состоянию методом линейных матричных неравенств.
5. Вычисление матрицы усиления стабилизирующего управления с обратной связью по выходу методом линейных матричных неравенств .
6. Решение задачи робастной стабилизации методом линейных матричных неравенств
7. Программное обеспечение для решения задач робастного управления.

#### Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену:

1. Основные задачи теории управления. Принцип обратной связи.
2. Уравнения состояния систем управления. Линеаризация уравнений состояния.
3. Импульсная переходная функция и переходная функция линейной системы.
4. Применение преобразования Лапласа для описания линейных систем. Передаточная функция и резольвента линейной системы
5. Частотная характеристика линейной системы. Логарифмическая частотная характеристика
6. Амплитудная и фазовая частотные характеристики. Минимально-фазовые системы
7. Элементарные звенья линейных систем управления, их основные характеристики
8. Основные виды соединений звеньев линейных систем управления
9. Вычисление резольвенты и переходной матрицы методом Фаддеева
10. Устойчивость и асимптотическая устойчивость по Ляпунову (определения).
11. Понятие функции Ляпунова
12. Теорема об устойчивости и асимптотической устойчивости по Ляпунову
13. Теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению
14. Теорема об экспоненциальной устойчивости
15. Уравнение Ляпунова
16. Критерий устойчивости Гурвица
17. Критерий устойчивости Михайлова
18. Критерий устойчивости Найквиста
19. Понятие запаса устойчивости. Запасы устойчивости по фазе и по амплитуде



20. Понятие управляемости. Критерий управляемости
21. Понятие наблюдаемости. Критерий наблюдаемости
22. Структуры полностью управляемой и полностью наблюдаемой систем. Канонические формы управляемых и наблюдаемых систем
23. Стабилизируемость. Условие произвольного размещения полюсов с помощью обратной связи по состоянию
24. Показатели качества переходного процесса
25. Частотные показатели качества.
26. Интегральные оценки качества
27. Понятие о модальном управлении. Модальные характеристики качества. Стандартные распределения полюсов.
28. Коэффициенты ошибки. Статические и астатические системы
29. Матричная форма метода множителей Лагранжа. Градиентные матрицы
30. Линейно-квадратичный регулятор с обратной связью по состоянию
31. Линейно-квадратичный регулятор со статической обратной связью по выходу
32. Наблюдатели полного порядка (Наблюдатели Калмана)
33. Наблюдатели пониженного порядка (Наблюдатели Льюенбергера)
34. Регуляторы с обратной связью по выходу, использующие наблюдатели. Принцип разделения.
35. ПИД регуляторы
36. Алгебраическое уравнение Риккати и его свойства
37. Решение алгебраического уравнения Риккати методом Басса
38. Решение алгебраического уравнения Риккати методом выпуклой оптимизации.
39. Вычисление матрицы усиления стабилизирующего управления с обратной связью по состоянию методом линейных матричных неравенств.
40. Вычисление матрицы усиления стабилизирующего управления с обратной связью по выходу методом линейных матричных неравенств .
41. Решение задачи робастной стабилизации методом линейных матричных неравенств
42. Системы с ЦВМ в контуре управления. Построение эквивалентной дискретной модели.
43. Переходная матрица и импульсная переходная функция дискретной системы.
44. Применение  $z$  – преобразования к исследованию дискретных систем.
45. Передаточная функция и частотная характеристика дискретных систем.
46. Устойчивость дискретных систем. Уравнение Ляпунова для дискретных систем.
47. Алгебраический критерий устойчивости дискретной системы на основе  $w$ -преобразования
48. Синтез управления со статической обратной связью по состоянию для дискретной системы методом оптимальной функции Ляпунова.
49. Синтез управления со статической обратной связью по выходу для дискретной системы методом множителей Лагранжа.
50. Синтез управления со статической обратной связью по выходу для дискретной системы на основе техники линейных матричных неравенств.

Билет содержит один-два вопроса из перечня и задачу.

#### Типы задач

1. По передаточной функции записать уравнения состояния и наоборот
2. Проанализировать устойчивость конкретной системы с помощью критерия Гурвица, Михайлова или Найквиста
3. Записать выражения для амплитудной и фазовой частотных характеристик конкретной системы
4. Найти запасы устойчивости по амплитуде и по фазе конкретной системы
5. Указать, с помощью каких элементарных звеньев можно реализовать конкретную передаточную функцию
6. Определить порядок астатизма конкретной системы
7. Проанализировать управляемость или наблюдаемость конкретной системы
8. Сформулировать и решить задачу о линейно квадратичном регуляторе для системы первого порядка

Тестирование по дисциплине не проводится. Оцениваются самостоятельно сформулированные ответы на контрольные вопросы при выполнении лабораторных работ и при защите курсовой работы.

### **5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине**

Процедура оценивания формируемых в рамках дисциплины компетенций (элементов компетенций) состоит из следующих этапов:

1. Текущий контроль (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1, задания в п. 5.2.1).
2. Промежуточная аттестация (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2, задания в п. 5.2.2).

Для всего перечня формируемых компетенций (элементов компетенций) дисциплины приводится процедура оценки результатов обучения (табл. 5.6).

Таблицы 5.6 – Процедура, критерии и методы оценивания результатов обучения

| Планируемые результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Критерии оценивания результатов                           |                                                                    |                                                                           |                                                                                                                 | Методы оценивания                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1 критерий – отсутствие усвоения<br>«неудовлетворительно» | 2 критерий – не полное усвоение<br>«удовлетворительно»             | 3 критерий – хорошее усвоение «хорошо»                                    | 4 критерий – отличное усвоение «отлично»                                                                        |                                                                                            |
| ОПК-2<br>ИОПК-2.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                           |                                                                    |                                                                           |                                                                                                                 |                                                                                            |
| <b>Знать:</b><br>- базовые принципы и понятия теории управления<br>-принцип обратной связи, понятия устойчивости, управляемости, наблюдаемости                                                                                                                                                                                                                                                            | Отсутствие усвоения знаний                                | Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания | На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания | Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность | Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях<br>Промежуточная аттестация       |
| <b>Уметь:</b><br>- анализировать разрабатываемые системы управления, руководствуясь базовыми принципами и понятиями теории управления, а также классическими и современными методами решения задач анализа и синтеза систем управления<br><br>- применять базовые принципы и понятия теории управления при решении задач анализа и синтеза систем управления на основе классических и современных методов | Не демонстрирует умения                                   | Не уверенно демонстрирует умения                                   | Достаточно уверенно демонстрирует умения                                  | Отлично демонстрирует умения                                                                                    | Выполнение лабораторных работ<br>Отчет по лабораторным работам и защита лабораторных работ |
| <b>Владеть навыками:</b><br>-- решения задач анализа и синтеза систем управления<br><br>- применения современных программных средств решения задач анализа и синтеза систем управления (Control Systems Toolbox из пакета MATLAB)                                                                                                                                                                         | Не демонстрирует навыки                                   | Не уверенно демонстрирует навыки                                   | Достаточно уверенно демонстрирует навыки                                  | Отлично демонстрирует самостоятельные навыки                                                                    | Выполнение лабораторных работ<br>Отчет по лабораторным работам и защита лабораторных работ |
| ПКС-2<br>ИПКС-2.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                           |                                                                    |                                                                           |                                                                                                                 |                                                                                            |
| <b>Знать:</b><br>--классические и современные методы решения задач анализа и синтеза систем управления                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Отсутствие усвоения знаний                                | Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания | На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания | Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность | Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях<br><br>Промежуточная аттестация   |

| Планируемые результаты обучения                                                                             | Критерии оценивания результатов                           |                                                        |                                          |                                              | Методы оценивания                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                             | 1 критерий – отсутствие усвоения<br>«неудовлетворительно» | 2 критерий – не полное усвоение<br>«удовлетворительно» | 3 критерий – хорошее усвоение «хорошо»   | 4 критерий – отличное усвоение «отлично»     |                                                                                            |
| <b>Уметь:</b><br>- осуществлять проверку адекватности систем управления, анализ и интерпретацию результатов | Не демонстрирует умения                                   | Не уверенно демонстрирует умения                       | Достаточно уверенно демонстрирует умения | Отлично демонстрирует умения                 | Выполнение лабораторных работ<br>Отчет по лабораторным работам и защита лабораторных работ |
| <b>Владеть навыками:</b><br>- оценивания надежности и качества функционирования системы управления          | Не демонстрирует навыки                                   | Не уверенно демонстрирует навыки                       | Достаточно уверенно демонстрирует навыки | Отлично демонстрирует самостоятельные навыки | Выполнение лабораторных работ<br>Отчет по лабораторным работам и защита лабораторных работ |

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Основная литература

6.1.1 Леонов, Г.А. Теория управления [Текст] / Г. А. Леонов. - СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. - 233 с. - ISBN 5-288-03885-6:

6.1.2 Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Т. 1. Линейные системы / Ким Д. П. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 312 с. - ISBN 978-5-9221-0857-7. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922108577.html> - Режим доступа : по подписке.

### 6.2 Дополнительная литература

6.2.1 Поляк Б.Т., Хлебников М.В. Рапопорт Л.Б. Математическая теория автоматического управления: учебное пособие. – М.: ЛЕНАНД, 2019. – 500 с.

### 6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

6.3.1 Методические указания для лабораторных работ по дисциплине «Теория управления». Рекомендованы решением кафедры прикладной математики АПИ НГТУ, протокол №4 от 29.04.2021 г.

6.3.2 Емельянова Ю.П., Пакшин П.В. Матричные уравнения и неравенства в задачах теории управления: учеб. пособие / Ю.П. Емельянова, П.В. Пакшин; Нижегород. гос. техн. ун-тим. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2020. – 125 с.

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы

7.1.1 Электронно-библиотечная система издательства «IPRbooks». [сайт].-URL: [www.iprbookshop.ru/](http://www.iprbookshop.ru/) - Режим доступа: по подписке.

7.1.2 Электронно-библиотечная система издательства «Лань». Режим доступа: <https://e.lanbook.com>

7.1.3 Электронно-библиотечная система «Консультант студента»: [сайт].-URL: <https://www.studentlibrary.ru/> - Режим доступа: по подписке

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 8.1 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 8.1 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

| Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ | Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ЭБС «IPRbooks»                                                                                 | Специальное мобильное приложение <b>IPR BOOKS WV-Reader</b>                                             |
| ЭБС «Лань»                                                                                     | Синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации                                     |

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине (модулю), оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 9.1 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду АПИ НГТУ.

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 9.1 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы студентов, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду АПИ НГТУ.

Таблица 9.1 – Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине

| Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы                             | Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>313</b> – Лаборатория научно-образовательного центра АПИ НГТУ и ИПУ РАН<br>г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19 | Рабочих мест студента – 19 шт.<br>Ноутбук 17.3" SUS R75VJ – 3 шт.<br>Контактн. Плата – 1 шт.<br>Мультиметр - 1 шт.<br>ОР-140Д ЦАП – 1 шт.<br>Е140 внешний модуль – 1 шт.<br>Лабораторная коробка испытательная сигнальная BNC-2120 – 1 шт.<br>Многоф. уч. плат., /лаборатория/ NI ELVIS – 1 шт.<br>Многоф. уч. плат., /практикум/ NI ELVIS – 1 шт.<br>Отладочный комплект MC-24 EM – 1 шт.<br>Система управл, с вращ, гибк, штанг – 1 шт.<br>Устройство REALL LAB – 1 шт. |
| <b>320</b> – Учебная мультимедийная аудитория<br>г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19                              | Рабочих мест студента – 14 шт.<br>Компьютеры PC Intel® Core™ i3-10100/256SSD/8RAM - 14 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>316</b> - Кабинет самоподготовки студентов<br>г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19                              | рабочих мест студента – 26 шт;<br>ПК, с выходом на телевизор LG - 1 шт.<br>ПК с подключением к интернету - 5шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии**

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа проводится в аудиторной и внеаудиторной форме, а также в электронной информационно-образовательной среде института (далее – ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При преподавании дисциплины используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса, а также материалы для практических занятий находятся в свободном доступе в СДО MOODLE на странице курса по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course> и могут быть проработаны студентами до чтения лекций в ходе самостоятельной работы. Это дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется лично-ориентированный подход, дискуссионные технологии, технологии работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч со студентами, так и современных информационных технологий, таких как форум, чат, внутренняя электронная почта СДО MOODLE.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента.

Для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенции в процессе текущего контроля применяется система контроля и оценки успеваемости студентов, представленная в табл. 5.1. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с использованием системы контроля и оценки успеваемости студентов, представленной в табл. 5.2 и 5.3.

### **10.2 Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложных и важных положениях изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

### **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах**

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

#### **10.4 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

В процессе самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение основной учебной и справочно-библиографической литературы, представленной в разделе 6.

Для выполнения самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут использовать специализированные аудитории (см. табл. 9.1), оборудование которых обеспечивает доступ через «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде института и электронной библиотечной системе, где располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы.

#### **10.5. Методические указания для выполнения курсового проекта / работы**

Выполнение курсового проекта / работы способствует лучшему освоению обучающимися учебного материала, формирует практический опыт и умения по изучаемой дисциплине, способствует формированию у обучающихся готовности к самостоятельной профессиональной деятельности, является этапом к выполнению выпускной квалификационной работы.

##### **Примерная тематика курсовых работ**

**Синтез системы стабилизации летательного аппарата с неопределенными параметрами модели**

##### **Цели и задачи курсового проектирования.**

Целью курсовой работы является приобретение навыков проектирования систем управления в условиях близким к реальной инженерной практике, в работе решаются задачи синтеза, анализа и моделирования системы управления.

##### **Выбор темы курсового проектирования.**

Параметры и условия функционирования объекта управления задаются преподавателем.

##### **Организация, выполнение и руководство курсовым проектированием.**

Для выполнения курсовой работы предоставляется компьютерный класс с необходимым программным обеспечением, по согласованию с расписанием преподаватель назначает время консультаций.

##### **Структура и содержание курсовой работы. Методические указания по выполнению основных разделов;**

Работа должна включать титульный лист, вводную часть, постановку задачи, решение задачи, анализ результатов, заключение, список использованных источников и приложение. Решение задачи должно содержать расчеты и моделирование. Расчеты выполняются с использованием программных приложений YALMIP и SeDuMi пакета MATLAB, моделирование выполняется в среде MATLAB/SIMULINK, приложение должно содержать программный код.

##### **Требования к оформлению курсовой работы.**

Текст оформляется в соответствии с требованиями к написанию научного отчета ГОСТ 7.32-2001, список использованных источников оформляется по ГОСТ 2008.

##### **Порядок сдачи и защиты курсовой работы.**

Защита курсовой работы проводится в форме собеседования с преподавателем. Результат защиты оценивается по пятибалльной шкале на основе полученных результатов, соответствия требованиям к оформлению и ответов на вопросы в ходе собеседования.



## **10.6 Методические указания по обеспечению образовательного процесса**

1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: [https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/upravleniya/umu/docs/metod\\_docs\\_ngtu/metod\\_rekom\\_auditorii.PDF](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_auditorii.PDF).

2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: [https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/upravleniya/umu/docs/metod\\_docs\\_ngtu/metod\\_rekom\\_srs.PDF](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_srs.PDF).

3. Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес: [https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/upravleniya/umu/docs/metod\\_docs\\_ngtu/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf).

4. Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес: [https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/upravleniya/umu/docs/metod\\_docs\\_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf).

**Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины**  
**на 20 \_\_\_\_/20 \_\_\_\_ уч. г.**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

Глебов В.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1)

2)

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры, протокол от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (ФИО)

Утверждено УМК АПИ НГТУ, протокол от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Зам. директора по УР \_\_\_\_\_  
(подпись) Шурыгин А.Ю.

Согласовано:

Начальник УО \_\_\_\_\_  
(подпись) Мельникова О.Ю.

(в случае, если изменения касаются литературы):

Заведующая отделом библиотеки \_\_\_\_\_  
(подпись) Старостина О.Н.