

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Страхов С.Ю.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

|  |   |
|--|---|
| Направление/специальность подготовки       | 24.05.06 Системы управления летательными аппаратами |
| Специализация/профиль/программа подготовки | Системы управления ракет                            |
| Уровень высшего образования                | Специалитет   |
| Форма обучения                             | Очная   |
| Факультет                                  | И Информационных и управляющих систем               |
| Выпускающая кафедра                        | И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ      |
| Кафедра-разработчик рабочей программы      | И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ      |

| КУРС | СЕМЕСТР | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ<br>(ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ) | ЧАСЫ (по наличию видов занятий) |                    |        |                           |                         |                        |                 |                 |                               | ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО<br>КОНТРОЛЯ |
|------|---------|---|---------------------------------|--------------------|--------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
|      |         |   | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ              | АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ |        |                           |                         | САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА |                 |                 |                               |                                |
|      |         |   |                                 | ВСЕГО              | ЛЕКЦИИ | ЛАБОРАТОРНЫЙ<br>ПРАКТИКУМ | ПРАКТИЧЕСКИЕ<br>ЗАНЯТИЯ | ВСЕГО                  | КУРСОВОЙ ПРОЕКТ | КУРСОВАЯ РАБОТА | ДРУГИЕ ВИДЫ<br>САМОСТ. РАБОТЫ |                                |
| 4    | 8       | 4                                       | 144                             | 68                 | 34     | 17                        | 17                      | 76                     | 0               | 0               | 76                            | диф.<br>зач.                   |

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

**24.05.06 Системы управления летательными аппаратами**

год набора группы: 2025

Программу составили:

Кафедра И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ \_\_\_\_\_

Емельянов Валентин Юрьевич, к.т.н., доцент, доцент

Кафедра И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ \_\_\_\_\_

Попов Александр Михайлович, к.т.н., доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Заведующий кафедрой Сырцев А.Н., д.воен.н., снс \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Заведующий кафедрой Сырцев А.Н., д.воен.н., снс \_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ**

## **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач

ОПК-8 — Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-5**

*знания:*

математического аппарата пространства состояний, функций Ляпунова и линейных матричных неравенств;;

*умения:*

строить модели линейных и нелинейных систем управления в пространстве состояний и использовать их для решения инженерных задач в сфере профессиональной деятельности;;

*навыки:*

построения и использования моделей систем управления, решения задач их анализа и синтеза с помощью систем автоматизации инженерных и научных расчетов;.

### **ОПК-8**

*знания:*

методов синтеза бортовых систем управления летательных аппаратов, используемых для целей синтеза видов моделей и расчетных схем;;

*умения:*

применять методы современной теории управления для разработки и анализа алгоритмов управления динамическими объектами;;

*навыки:*

решать задачи синтеза бортовых систем летательных аппаратов с помощью систем автоматизации инженерных и научных расчетов;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.06 Системы управления летательными аппаратами*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ, ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ, МЕХАНИКА ПОЛЕТА, ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, УПРАВЛЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач
- ОПК-7 — Способен на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением, а также создавать математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения
- ОПК-8 — Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"
- ПК-6 — Способен проводить системный анализ, разрабатывать варианты решения проблемы, определять оптимальные решения в условиях многокритериальности, неопределенности с использованием методов теории принятия решений и искусственного интеллекта

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

| КУРС                | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц  | ВСЕГО | Аудиторные занятия<br>в контактной форме |        |                           |                         | Самостоятельная<br>работа студентов | Формируемая<br>компетенция, % |       |
|---------------------|---------|---|-------|--|--------|---------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------|
|                     |         |   |       | ВСЕГО                                    | Лекции | Лабораторный<br>практикум | Практические<br>занятия |                                     | ОПК-5                         | ОПК-8 |
|                     |         |   |       |  |        |                           |                         |                                     |                               |       |
| 4                   | 8       | Раздел 1. Метод пространства состояний в теории систем. 1.1. Описание систем в уравнениях состояния. Определение передаточных функций по уравнениям состояния. Преобразование базиса. Инвариантность переда-то-чных функций к преобразованию базиса. 1.2 Канонические формы уравнений состояния. Диагональная и жор-данова формы. Управляемая и наблюдаемая канонические фор-мы. Преобразование уравнений состояния к каноническому виду. Переход от передаточной функции к уравнениям состо-яния. 1.3 Решение уравнений состояния, формула Коши, фундамен-та-льная и переходная матрицы. Матричная экспонента, способы вычисления. | 35    | 16                                       | 8      | 4                         | 4                       | 19                                  | 25                            | 15    |
| 4                   | 8       | Раздел 2. Техника линейных матричных неравенств. 2.1. Функции Ляпунова и их свойства. 2.2. Матричное уравнение Ляпунова и его свойства. 2.3. Теоремы прямого метода Ляпунова и их применение. 2.4. Анализ устойчивости непрерывных и дискретных систем. 2.5. Решение задач синтеза.   | 41    | 22                                       | 10     | 6                         | 6                       | 19                                  | 20                            | 25    |
| 4                   | 8       | Раздел 3. Методы синтеза систем управления нелинейными объектами. 3.1 Линеаризация обратной связью. 3.2 Относительный порядок объекта управления. Приведение к каноническому виду. Внешняя и внутренняя динамика. 3.3 Процедура бэкстеппинга. Плоские системы. 3.4 Управление квадрокоптером.   | 31    | 14                                       | 8      | 4                         | 2                       | 17                                  | 30                            | 35    |
| 4                   | 8       | Раздел 4. Адаптивное управление. 4.1 Задача адаптивного управления. Структура адаптивных систем управления. Общая методика синтеза адаптивных СУ. 4.2 Система адаптивного управления с явной эталонной моделью (ЭМ) дискретным объектом первого порядка. Идентифицирующие свойства алгоритмов адаптации. 4.3 Система адаптивного управления с неявной ЭМ. Система адаптивной стабилизации с неявной ЭМ при действии возмущений. 4.4 Адаптивные системы управления непрерывного времени. Пассификация и адаптивное управление. 4.5 Сигнально-параметрические алгоритмы адаптации.  | 37    | 16                                       | 8      | 3                         | 5                       | 21                                  | 25                            | 25    |
| Всего за 8 семестр  |         |   | 144   | 68                                       | 34     | 17                        | 17                      | 76                                  | 100                           | 100   |
| Всего по дисциплине |         |   | 144   | 68                                       | 34     | 17                        | 17                      | 76                                  | 100                           | 100   |

#### 3.2. Аудиторный практикум

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины                           | Тема практического занятия   | Объем, ауд. часов |
|-------|---|--|-------------------|
| 1     | Раздел 1. Метод пространства состояний в теории систем.           | Описание систем в уравнениях состояния. Канонические формы. Преобразование базиса.   | 2                 |
| 2     |   | Решение уравнений состояния  | 2                 |
| 3     |   | Примеры применения прямого метода Ляпунова.  | 2                 |
| 4     | Раздел 2. Техника линейных матричных неравенств.                  | Методика автоматизированной проверки устойчивости с использованием пакета LMI Control Toolbox в среде автоматизации инженерных и научных расчетов MATLAB (Scilab). | 2                 |
| 5     |   | Методика синтеза регуляторов с использованием пакета LMI Control Toolbox в среде автоматизации инженерных и научных расчетов MATLAB (Scilab).                      | 2                 |
| 6     | Раздел 3. Методы синтеза систем управления нелинейными объектами. | Примеры синтеза систем управления нелинейными объектами.   | 2                 |
| 7     | Раздел 4. Адаптивное управление.                                  | Синтез алгоритмов адаптивного управления с явной эталонной моделью   | 2                 |
| 8     |   | Синтез алгоритмов адаптивного управления с неявной эталонной моделью   | 2                 |
| 9     |   | Коллоквиум   | 1                 |

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| <b>Всего за 8 семестр</b> | <b>17</b> |
|---------------------------|-----------|

### 3.3. Лабораторный практикум

| № п/п                     | Номер и наименование раздела дисциплины                           | Тема лабораторного практикума  | Объем, ауд. часов |
|---------------------------|---|--|-------------------|
| 1                         | Раздел 1. Метод пространства состояний в теории систем.           | Расчет матричных операторов замкнутых линейных систем.   | 4                 |
| 2                         | Раздел 2. Техника линейных матричных неравенств.                  | Знакомство с пакетом LMI Control Toolbox в среде автоматизации инженерных и научных расчетов MATLAB (Scilab) | 2                 |
| 3                         |   | Решение задач проверки устойчивости систем с использованием LMI Control Toolbox                              | 2                 |
| 4                         |   | Решение задачи проектирования регулятора с использованием LMI Control Toolbox                                | 2                 |
| 5                         | Раздел 3. Методы синтеза систем управления нелинейными объектами. | Моделирование системы управления квадрокоптером  | 4                 |
| 6                         | Раздел 4. Адаптивное управление.                                  | Исследование адаптивной системы управления   | 3                 |
| <b>Всего за 8 семестр</b> |   |  | <b>17</b>         |

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

| № п/п              | Номер и наименование раздела дисциплины                           | Содержание учебного задания  | Объем, часов |
|--------------------|---|--|--------------|
| 1                  | Раздел 1. Метод пространства состояний в теории систем.           | Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы                                 | 6            |
| 2                  |   | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | 8            |
| 3                  |   | Подготовка к практическим занятиям   | 5            |
| 4                  | Раздел 2. Техника линейных матричных неравенств.                  | Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ                                  | 6            |
| 5                  |   | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | 8            |
| 6                  |   | Подготовка к практическим занятиям   | 5            |
| 7                  | Раздел 3. Методы синтеза систем управления нелинейными объектами. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | 7            |
| 8                  |   | Подготовка к практическому занятию   | 4            |
| 9                  |   | Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы                                 | 6            |
| 10                 | Раздел 4. Адаптивное управление.                                  | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | 7            |
| 11                 |   | Подготовка к практическим занятиям   | 4            |
| 12                 |   | Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы                                 | 5            |
| 13                 |   | Подготовка к коллоквиуму   | 5            |
| Всего за 8 семестр |   |  | 76           |

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| СЕМЕСТР | НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА |   |   |   |    |    |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |
|---------|-----------------|---|---|---|----|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|
|         | 1               | 2 | 3 | 4 | 5  | 6  | 7 | 8 | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17                  |
| 8       |                 |   |   |   | ЛР | ДР |   |   | ЛР | ДР | ЛР |    |    |    | ЛР | ДР | ЛР, Колл, диф. зач. |

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Колл – коллоквиум;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- коллоквиум.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. Б. Р. Андриевский. . Теоретические основы автоматизированного управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
2. Б. Р. Андриевский. . Матричные неравенства в задачах управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.
3. Б. Р. Андриевский. . Управление и оценивание при ограниченной пропускной способности каналов связи. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.
4. Б. Р. Андриевский. . Задачи и методы адаптивного управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.
5. Б. Р. Андриевский, А. Л. Фрадков. . Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB 5 и Scilab. СПб.: Наука, 2001, 20 экз.
6. В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления. СПб.: Профессия, 2003, 169 экз.
7. В. Ю. Емельянов, А. Ю. Захаров, О. А. Мишина. . Теория управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 93 экз.
8. И. В. Мирошник. . Теория автоматического управления. Линейные системы. М.: Питер, 2005, 19 экз.
9. И. В. Мирошник. . Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы. М.: Питер, 2006, 19 экз.
10. Н. П. Деменков, Е. А. Микрин. Управление в технических системах. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017, эл. рес.
11. Н. П. Деменков, Е. А. Микрин. Управление в технических системах . М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
2. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
3. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
4. <http://ubs.mtas.ru/upload/library/UBS3502.pdf> Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Метод пассивации в задачах синхронизации и оценивания состояния нелинейных систем по цифровому каналу связи // Сб.: Управление большими системами. 2011. Выпуск 35 (4). М.: ИПУ РАН. С. 20-58. (в открытом доступе по сети интернет);
5. <http://www.mtas.ru/upload/library/UBS2503.pdf> Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Адаптивная синхронизация нелинейных систем одного класса при ограниченной пропускной способности канала связи // Сб. Управление большими системами. Вып. 25. 2009. М.: Институт проблем управления РАН (ИПУ РАН). С. 48-83. (в открытом доступе по сети интернет);
6. <http://ubs.mtas.ru/upload/library/UBS2608.pdf> Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Адаптивное управление летательным аппаратом с идентификацией на скользящих режимах // Сб. Управление большими системами. Вып. 26. 2009. Институт проблем управления РАН (ИПУ РАН), Москва. С. 113-144. (в открытом доступе по сети интернет).

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1;
2. Scilab 6.0.2.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся;
2. Проектор;
3. Matlab 2015a SP1;
4. Scilab 6.0.2.

### **6.4. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.06 *Системы управления летательными аппаратами*. Дисциплина реализуется на факультете И Информационных и управляющих систем БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-5 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач;  
ОПК-8 Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)".

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с современным математическим аппаратом описания систем управления, анализом и синтезом нелинейных и адаптивных систем.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- коллоквиум.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 з.е., **144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

| Наименование работы  | Рекомендуемая литература  | Трудоемкость, час. |
|--|---|--------------------|
| <b>Раздел 1. Метод пространства состояний в теории систем.</b>                       |   |                    |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы                                 | Н. П. Деменков, Е. А. Микрин. Управление в технических системах: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017 (глава 2)   | 6                  |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | Б. Р. Андриевский, А. Л. Фрадков. . Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB 5 и Scilab: СПб.: Наука, 2001 (главы 2-4)<br>И. В. Мирошник. . Теория автоматического управления. Линейные системы: М.: Питер, 2005 (глава 3)                          | 8                  |
| Подготовка к практическим занятиям   | Б. Р. Андриевский. . Теоретические основы автоматизированного управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (разделы 1-13)  | 5                  |
| Итого по разделу 1   |   | 19                 |
| <b>Раздел 2. Техника линейных матричных неравенств.</b>                              |   |                    |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ                                  | Б. Р. Андриевский. . Матричные неравенства в задачах управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (разделы 1-6)  | 6                  |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | Н. П. Деменков, Е. А. Микрин. Управление в технических системах : М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017 (глава 7)<br>В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления: СПб.: Профессия, 2003 (парагр 17.2)                           | 8                  |
| Подготовка к практическим занятиям   |   | 5                  |
| Итого по разделу 2   |   | 19                 |
| <b>Раздел 3. Методы синтеза систем управления нелинейными объектами.</b>             |   |                    |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | И. В. Мирошник. . Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы: М.: Питер, 2006 (глава 4)<br>Б. Р. Андриевский. . Управление и оценивание при ограниченной пропускной способности каналов связи: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (с. 1-17) | 7                  |
| Подготовка к практическому занятию   |   | 4                  |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы                                 | Б. Р. Андриевский. . Теоретические основы автоматизированного управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (разделы 12-14)   | 6                  |
| Итого по разделу 3   |   | 17                 |
| <b>Раздел 4. Адаптивное управление.</b>  |   |                    |
| Изучение предусмотренных программой дидактических                                    | Б. Р. Андриевский, А. Л. Фрадков. . Элементы математического моделирования в программных  | 7                  |

|  |  |    |
|--|--|----|
| единиц по рекомендуемой литературе                   | средах MATLAB 5 и Scilab: СПб.: Наука, 2001 (главы 4,6)  |    |
| Подготовка к практическим занятиям                   | Н. П. Деменков, Е. А. Микрин. Управление в технических системах : М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017 (глава 14)  | 4  |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы | Б. Р. Андриевский. . Теоретические основы автоматизированного управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (раздел 25)  | 5  |
| Подготовка к коллоквиуму                             | Б. Р. Андриевский. . Задачи и методы адаптивного управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (разделы 1-14)<br>В. Ю. Емельянов, А. Ю. Захаров, О. А. Мишина. . Теория управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (лекции 1-2) | 5  |
| Итого по разделу 4                                   |  | 21 |

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- коллоквиум;
- лабораторная работа;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Коллоквиум

На коллоквиуме студенту предлагается тестовое задание, содержащее 10 вопросов. Время на подготовку ответов – 30 минут. Порядок определения оценки: не менее 9 правильных ответов – «отлично», не менее 7 – «хорошо», не менее 5 – «удовлетворительно».

Комплект тестовых вопросов включен в фонд оценочных средств по дисциплине.

Балльная оценка за коллоквиум определяется технологической картой дисциплины.

#### Лабораторная работа

Допуск к ЛР:

- допуск к выполнению первых двух ЛР не предусмотрен.
- для допуска к выполнению третьей и последующих ЛР необходима защита одной из выполненных ранее работ.

Требования к выполнению ЛР:

- по всем ЛР необходимо выполнение в среде MATLAB (Scilab) индивидуального задания и демонстрация результатов выполнения преподавателю.

Отчет по ЛР:

Отчет должен включать содержание задания и исходные данные, исследуемую модель, скриншоты, демонстрирующие реализацию модели в используемой программной среде и полученные результаты. Отчеты по лабораторным работам могут быть представлены в электронной форме.

Защита ЛР:

Защита ЛР предусматривает обсуждение порядка решения предусмотренных ее тематикой задач, включая проверку усвоения студентом соответствующих сведений из теории с использованием тестовых вопросов.

Балльные оценки за лабораторные работы определяются технологической картой дисциплины.

#### Дифференцированный зачет

Критерии оформления дифференцированного зачета определяются технологической картой дисциплины.

Паспорт фонда оценочных средств

| КУРС                | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц                      | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме |        |                        |                      | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % |       | НАИМЕНОВАНИЕ<br>ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА |
|---------------------|---------|---|-------|---------------------------------------|--------|------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------|-------|-------------------------------------|
|                     |         |   |       | ВСЕГО                                 | Лекции | Лабораторный практикум | Практические занятия |                                  | ОПК-5                      | ОПК-8 |                                     |
|                     |         |   |       |                                       |        |                        |                      |                                  |                            |       |                                     |
| 4                   | 8       | Раздел 1. Метод пространства состояний в теории систем.           | 35    | 16                                    | 8      | 4                      | 4                    | 19                               | 25                         | 15    | Лабораторная работа, Коллоквиум     |
| 4                   | 8       | Раздел 2. Техника линейных матричных неравенств.                  | 41    | 22                                    | 10     | 6                      | 6                    | 19                               | 20                         | 25    | Лабораторная работа, Коллоквиум     |
| 4                   | 8       | Раздел 3. Методы синтеза систем управления нелинейными объектами. | 31    | 14                                    | 8      | 4                      | 2                    | 17                               | 30                         | 35    | Лабораторная работа, Коллоквиум     |
| 4                   | 8       | Раздел 4. Адаптивное управление.                                  | 37    | 16                                    | 8      | 3                      | 5                    | 21                               | 25                         | 25    | Лабораторная работа, Коллоквиум     |
| Всего за 8 семестр  |         |   | 144   | 68                                    | 34     | 17                     | 17                   | 76                               | 100                        | 100   |                                     |
| Всего по дисциплине |         |   | 144   | 68                                    | 34     | 17                     | 17                   | 76                               | 100                        | 100   |                                     |



**ОПК-5 - Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач**

- № 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
В каком виде хранятся данные в Matlab?
- А) Переменная
  - Б) Массив
  - В) Структура данных
  - Г) Зависит от начальных данных
- № 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Начальный индекс массива в Matlab?
- А) Неизвестно
  - Б) Зависит от класса массива
  - В) 0
  - Г) 1
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие из следующих функций в MATLAB используются для работы с матрицами?
- А) plot()
  - Б) inv()
  - В) eig()
  - Г) strcat()
  - Д) zeros()
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие блоки в Simulink используются для моделирования динамических систем?
- А) Integrator
  - Б) Gain
  - В) Transfer Fcn
  - Г) State-Space
  - Д) Display
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие из этих операторов MATLAB выполняют поэлементные операции?
- А) .\*
  - Б) \*
  - В) .^

Г) ^

Д) ./

- № 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Сколько ошибок выдаст Matlab, если ввести следующий код?

$A=[1;2;3]; B=[1\ 2]; C=A.*B; D=C*A;$

- № 7 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Какой код можно использовать для изменения размерности матрицы следующим образом?

Начальная матрица:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{bmatrix}$$

Требуемая матрица:

$$A = [1\ 4\ 2\ 5\ 3\ 6]$$

- № 8 Прочитайте текст и установите соответствие  
Соотнесите функции MATLAB с их назначением:

| Функция       | Назначение                                       |
|---------------|--|
| 1. linspace() | А. Вычисление дискретного преобразования Фурье   |
| 2. fft()      | Б. Построение графика в логарифмическом масштабе |
| 3. ode45()    | В. Генерация линейно распределённого вектора     |
| 4. bode()     | Г. Численное решение дифференциальных уравнений  |
| 5. loglog()   | Д. Построение диаграммы Боде для системы         |

- № 9 Прочитайте текст и установите соответствие  
Соотнесите блоки Simulink с их описанием:

| Блок              | Описание  |
|-------------------|---|
| 1. Scope          | А. Блок для сложения или вычитания сигналов                         |
| 2. Sum            | Б. Источник постоянного сигнала (константа)                         |
| 3. Constant       | В. Визуализация сигналов во времени                                 |
| 4. Transfer Fcn   | Г. Моделирование системы с передаточной функцией                    |
| 5. PID Controller | Д. Регулятор с пропорционально-интегрально-дифференциальным законом |

- № 10 Прочитайте текст и установите последовательность  
Расположите шаги в правильном порядке для построения графика функции в MATLAB:

Действия:

1. Построить график с помощью plot(x, y).
2. Вычислить значения функции  $y = \sin(x)$ .
3. Задать вектор значений x (например,  $x = 0:0.1:10;$ ).
4. Создать новый график с помощью figure.
5. Добавить подписи осей и заголовок (xlabel, ylabel, title).

- № 11 Прочитайте текст и установите последовательность  
Укажите правильный порядок действий для создания модели в Simulink и запуска симуляции:

Действия:

1. Запустить симуляцию (кнопка Run или Ctrl+T).
2. Добавить блоки (например, Sine Wave, Scope, Gain) из библиотеки.
3. Соединить блоки с помощью линий связи.
4. Открыть Simulink через MATLAB (команда simulink).
5. Создать новую модель (File → New → Model).
6. Настроить параметры симуляции (время, шаг).

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Как построить несколько графиков в Matlab?

- А) Невозможно сделать в Matlab
- Б) Используя функцию mstem
- В) Используя функцию mplot
- Г) Используя функцию hold

**ОПК-8 - Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"**

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Если система асимптотически устойчива независимо от того, насколько близко или далеко она находится от начала координат, то система является

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Исследовать устойчивость в начале координат уравнений

$$\dot{x}_1 = x_2 - x_1^3, \quad \dot{x}_2 = -x_1 - 3x_2^3.$$

Функция Ляпунова имеет вид

$$V(x) = x_1^2 + x_2^2$$

№ 3 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите правильную последовательность действий при распределённом поиске цели группой БПЛА:

1. Локализация потенциальных целей
2. Верификация целей и принятие решения
3. Получение общей информации о зоне поиска
4. Обмен информацией о найденных объектах
5. Распределение зон ответственности между агентами

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какие преимущества имеют мультиагентные системы в сравнении с традиционными централизованными системами управления?

- А) Уменьшенная сложность системы и улучшенная скорость обработки данных
- Б) Более низкие затраты на разработку и поддержку системы

- В) Гибкость, масштабируемость и возможность параллельной обработки информации
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Что такое эмерджентное поведение в мультиагентных системах?
- А) Поведение, обусловленное программными алгоритмами, реализованными в каждом агенте
- Б) Поведение, которое возникает в результате централизованного управления всех агентов
- В) Поведение, возникающее на уровне системы в результате взаимодействия агентов, но не являющееся характерным для отдельных агентов
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какие вызовы возникают при разработке мультиагентных систем?
- А) Проблема достижения консенсуса между агентами, проблема обучения и проблема безопасности
- Б) Проблема определения ролей и задач каждого агента, проблема коммуникации и проблема координации
- В) Проблема высокой вычислительной сложности, проблема ограниченности ресурсов и проблема интерференции
- № 7 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установите соответствие между задачами мультиагентных систем БПЛА и методами их решения:

#### **Задача**

#### **Метод решения**

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 1. Координация полёта группы БПЛА   | А. Методы потенциалов (потенциальные поля)                  |
| 2. Избегание столкновений           | Б. Алгоритмы распределённого SLAM                           |
| 3. Распределённое картографирование | В. Алгоритмы консенсуса (например, алгоритм Олфати-Сейбера) |
| 4. Оптимизация маршрутов            | Г. Муравьиные алгоритмы (Ant Colony Optimization)           |

- № 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие основные задачи решают мультиагентные системы в группе БПЛА?
- А) Координация полёта и избегание столкновений
- Б) Распределённое картографирование и разведка местности
- В) Полная автономность каждого БПЛА без обмена данными
- Г) Коллективное принятие решений в динамической среде
- Д) Централизованное управление от одной наземной станции без взаимодействия между дронами
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие технологии используются для коммуникации между БПЛА в мультиагентной системе?
- А) Беспроводные mesh-сети (например, Wi-Fi или ZigBee)
- Б) Радиоканалы с адаптивным протоколом (TDMA/FDMA)
- В) Проводные соединения между дронами
- Г) Алгоритмы консенсуса для синхронизации данных

Д) Отсутствие обмена данными (только визуальная навигация)

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие преимущества имеет мультиагентная система БПЛА по сравнению с одиночным дроном?

А) Повышение отказоустойчивости (при выходе одного БПЛА из строя миссия продолжается)

Б) Ускорение выполнения задач за счёт параллелизма

В) Снижение стоимости оборудования (каждый дрон становится дешевле)

Г) Возможность покрытия большей площади за счёт распределённой работы

Д) Упрощение программного обеспечения (управление одним агентом проще)

№ 11 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между типом архитектуры управления БПЛА и её характеристикой:

| Архитектура управления | Характеристика  |
|------------------------|---|
| 1. Централизованная    | А. Управление строится по уровням (например, лидеры и ведомые)  |
| 2. Децентрализованная  | Б. Каждый БПЛА принимает решения на основе локальной информации |
| 3. Гибридная           | В. Единый центр управления принимает все решения                |
| 4. Иерархическая       | Г. Сочетание централизованного и распределённого управления     |

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите правильную последовательность этапов организации роевого поведения БПЛА:

1. Корректировка индивидуальных маршрутов
2. Обмен навигационными данными и состоянием
3. Коллективное выполнение задачи
4. Применение алгоритма согласования траекторий
5. Обнаружение соседних агентов в зоне связи