

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор института-заместитель  
директора ФАКТ**

**М.А. Кудров**

|                            |   |
|----------------------------|---|
|                            | <b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>  |
| <b>по дисциплине:</b>      | Системы управления летательных аппаратов  |
| <b>по направлению:</b>     | Информатика и вычислительная техника  |
| <b>профиль подготовки:</b> | Программная инженерия<br>передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии<br>кафедра физики полета |
| <b>курс:</b>               | 4   |
| <b>квалификация:</b>       | бакалавр  |

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет  
8 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 0 час.  
семинары: 60 час.  
лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: А.А. Дементьев

Программа обсуждена на заседании кафедры физики полета 05.04.2023

## Аннотация

Дисциплина "Системы управления летательных аппаратов" содержит базовые результаты в области систем управления летательных аппаратов, основанные на законах динамики полета летательных аппаратов и теории автоматического управления.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- знакомство студентов с назначением систем управления самолета, принципами их действия, структурой, алгоритмами, концепциями и методиками проектирования.

#### Задачи дисциплины

- обучение методикам проектирования архитектуры систем управления самолета и синтеза алгоритмов различных подсистем (систем улучшения устойчивости и управляемости и автопилотов).

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

| Код и наименование компетенции  | Индикаторы достижения компетенции   |
|---|---|
| ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности | ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности                             |
| ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)   | ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения |
| ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач   | ОПК-4.2 Знает основные источники научно-технической и (или) технологической информации в области профессиональной деятельности                                    |

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- назначение системы управления самолета, ее общую структуру и назначение отдельных подсистем и элементов;
- назначение, принципы действия и математические модели элементов системы управления самолета;
- принципы обеспечения надежности систем управления самолета и безопасности полета;
- основные требования к характеристикам самолета с системой управления.

уметь:

- составлять математические модели динамики самолета с системой управления и ее отдельными подсистемами;
- выполнять выбор параметров систем улучшения устойчивости и управляемости и автопилотов.

владеть:

- методиками построения архитектуры системы управления самолета;
- методиками анализа характеристик и выбора параметров систем улучшения устойчивости и управляемости и автопилотов.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

---

| №                     | Тема (раздел) дисциплины  | Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час. |          |                 |                |
|-----------------------|---|---|----------|-----------------|----------------|
|                       |   | Лекции  | Семинары | Лаборат. работы | Самост. работа |
| 1                     | Задачи, концепции проектирования и структура комплексной системы управления самолета.   |   | 2        |                 | 3              |
| 2                     | Режимы управления самолетом, общая структура системы управления самолетом, назначение отдельных подсистем и их взаимодействие.  |   | 2        |                 | 2              |
| 3                     | Типы систем ручного управления самолетом (прямая механическая, бустерная механическая, электродистанционная система управления).  |   | 6        |                 | 2              |
| 4                     | Способы организации взаимодействия систем ручного и автоматического управления самолетом.   |   | 2        |                 | 2              |
| 5                     | Принципы безопасности полета при проектировании систем управления самолетом (отказобезопасные и практически безотказные системы), резервирование в системах управления. |   | 4        |                 | 2              |
| 6                     | Элементы систем управления самолета (датчики, вычислители, рулевые приводы), принципы действия и математические модели.   |   | 6        |                 | 2              |
| 7                     | Цифровые системы управления самолетом. Архитектура, способы передачи сигналов, особенности обеспечения надежности и особенности динамики.                               |   | 8        |                 | 2              |
| 8                     | Системы улучшения устойчивости и управляемости (СУУ), их назначение и классификация.  |   | 2        |                 | 2              |
| 9                     | СУУ продольного движения самолета.  |   | 6        |                 | 6              |
| 10                    | СУУ бокового движения самолета.   |   | 6        |                 | 6              |
| 11                    | Автопилоты самолетов, их назначение и классификация режимов автопилота.   |   | 2        |                 | 2              |
| 12                    | Режимы угловой стабилизации автопилота - стабилизация тангажа, крена и курса.   |   | 4        |                 | 4              |
| 13                    | Режимы стабилизации движения ц.т. - стабилизация высоты, линии пути, скорости.  |   | 6        |                 | 6              |
| 14                    | Автоматическое управление самолетом при посадке.  |   | 4        |                 | 4              |
| Итого часов           |   |   | 60       |                 | 45             |
| Подготовка к экзамену |   | 30 час.   |          |                 |                |
| Общая трудоёмкость    |   | 135 час., 3 зач.ед.   |          |                 |                |

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

## Семестр: 7 (Осенний)

1. Задачи, концепции проектирования и структура комплексной системы управления самолета.

Основные принципы, тенденции развития конструкции ЛА

2. Режимы управления самолетом, общая структура системы управления самолетом, назначение отдельных подсистем и их взаимодействие.

Элементы системы, их функции, ограничения при работе различных элементов

3. Типы систем ручного управления самолетом (прямая механическая, бустерная механическая, электродистанционная система управления).

Основные типы, применение каждого типа, ограничения при использовании.

4. Способы организации взаимодействия систем ручного и автоматического управления самолетом.

Элементы системы различного управления. формирование взаимодействия двух систем

5. Принципы безопасности полета при проектировании систем управления самолетом (отказобезопасные и практически безотказные системы), резервирование в системах управления.

Общие принципы безопасности. Принципы безопасности при управлении. способы минимизации рисков.

6. Элементы систем управления самолета (датчики, вычислители, рулевые приводы), принципы действия и математические модели.

Характеристики систем и элементов, ограничение при использовании, моделирование системы управления.

7. Цифровые системы управления самолетом. Архитектура, способы передачи сигналов, особенности обеспечения надежности и особенности динамики.

Обработка данных при управлении самолетом, передача сигналов. организация обратной связи.

## Семестр: 8 (Весенний)

8. Системы улучшения устойчивости и управляемости (СУУ), их назначение и классификация.

Основные типы СУУ, характеристика каждого типа, особенности, диапазон применения.

9. СУУ продольного движения самолета.

Основные типы СУУ, характеристика каждого типа, особенности, диапазон применения.

10. СУУ бокового движения самолета.

Основные типы СУУ, характеристика каждого типа, особенности, диапазон применения

11. Автопилоты самолетов, их назначение и классификация режимов автопилота.

Типы автопилотов, характеристика каждого типа, Режим работы и ограничения

12. Режимы угловой стабилизации автопилота - стабилизация тангажа, крена и курса.

Режимы работы для корректировки положения самолета.

13. Режимы стабилизации движения ц.т. - стабилизация высоты, линии пути, скорости.

Режимы работы для корректировки положения самолета.

14. Автоматическое управление самолетом при посадке.

Требования к автоматической посадке, ограничение использования,

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

## **6.Перечень рекомендуемой литературы**

### Основная литература

1. Динамика самолета. Пространственное движение [Текст]/Г. С. Бюшгенс, Р. В. Студнев, -М., Машиностроение, 1983
2. Динамика полета. Устойчивость и управляемость летательных аппаратов [Текст]. Ч. 2 : учебник для вузов / И. В. Остославский, И. В. Стражева .— М. : Машиностроение, 1965 .— 467 с.
1. Г.С. Бюшгенс, Р.В. Студнев. Аэродинамика самолета. Динамика продольного и бокового движения. – М.: Машиностроение, 1979.
2. Ю.М. Гуськов, Г.И. Загайнов. Управление полетом самолетов. – М.: Машиностроение, 1980
3. В.Л. Суханов, Ю.Ф. Шелюхин, А.С. Устинов и др. Динамика полета. Учебник для студентов высших учебных заведений. Под. редакцией академика РАН Г.С. Бюшгенса. – М.: «Машиностроение», 2011.

### Дополнительная литература

1. Динамика полета [Текст] : уч. для вузов / под ред. А. М. Мхитаряна .— 2-е изд., перераб. т доп. — М. : Машиностроение, 1978 .— 424 с.
2. Динамика полета и управление самолетами [Текст], темат. сборник науч. трудов/М-во высш. и спец. образования СССР, Моск. авиац. ин-т им. С. Орджоникидзе , -М., Изд-во МАИ, 1982
1. Аэродинамика и динамика полета магистральных самолетов. Под. редакцией академика РАН Г.С. Бюшгенса. – М.: Наука, 1995.
2. Аэродинамика, устойчивость и управляемость сверхзвуковых самолетов. Под. редакцией академика РАН Г.С. Бюшгенса. – М.: Наука, 1998.
3. Ю.Г. Оболенский. Управление полетом маневренных самолетов. – М.: Воениздат, 2007.
4. И.С. Шумилов. Системы управления рулями самолётов. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.
5. Б.С. Алешин, С.Г. Баженов, Ю.И. Диденко, Ю.Ф. Шелюхин. Системы дистанционного управления магистральных самолетов. М.: Наука, 2013.
6. Lewis, B.L. and Stevens, F.L. (1992). Aircraft Control and Simulation. John Wiley & Sons.
7. Moir, I and Seabridge, A. (2003) Aircraft Systems: Mechanical, Electrical, and Avionics Subsystems Integration. AIAA Education Series.
8. Pamadi, B. (1998) Performance, Stability, Dynamics, and Control of Airplanes. AIAA Education Series.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Не используются

**8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

не предусмотрено.

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину "Системы управления ЛА", должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия, аксиомы.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- подготовку к дифференцированному зачету и экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

|   |   |
|---|---|
| <b>по направлению:</b>                    | Информатика и вычислительная техника  |
| <b>профиль подготовки:</b>                | Программная инженерия<br>передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии<br>кафедра физики полета |
| <b>курс:</b>                              | 4   |
| <b>квалификация:</b>                      | бакалавр  |
| Семестры, формы промежуточной аттестации: |   |
|   | 7 (осенний) - Дифференцированный зачет<br>8 (весенний) - Экзамен  |
| <b>Разработчик:</b>                       | А.А. Дементьев  |

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

| Код и наименование компетенции  | Индикаторы достижения компетенции   |
|---|---|
| ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности | ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности                             |
| ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)   | ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения |
| ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач   | ОПК-4.2 Знает основные источники научно-технической и (или) технологической информации в области профессиональной деятельности                                    |

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Системы управления летательных аппаратов» обучающийся должен:

### знать:

- назначение системы управления самолета, ее общую структуру и назначение отдельных подсистем и элементов;
- назначение, принципы действия и математические модели элементов системы управления самолета;
- принципы обеспечения надежности систем управления самолета и безопасности полета;
- основные требования к характеристикам самолета с системой управления.

### уметь:

- составлять математические модели динамики самолета с системой управления и ее отдельными подсистемами;
- выполнять выбор параметров систем улучшения устойчивости и управляемости и автопилотов.

### владеть:

- методиками построения архитектуры системы управления самолета;
- методиками анализа характеристик и выбора параметров систем улучшения устойчивости и управляемости и автопилотов.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль по дисциплине осуществляется в форме контроля преподавателем усвоения теоретических разделов учебной программы в форме проведения опросов с выставлением текущей оценки.

## 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Описание основных концепций проектирования и структура комплексной системы управления самолета.
2. Характеристики режимов управления самолетом, общая структура системы управления самолета, назначение отдельных подсистем и их взаимодействие.
3. Типы систем ручного управления самолетом (прямая механическая, бустерная механическая, электродистанционная система управления).
4. Способы организации взаимодействия систем ручного и автоматического управления самолетом.



5. Принципы безопасности полета при проектировании систем управления самолетом (отказобезопасные и практически безотказные системы), резервирование в системах управления.
6. Элементы систем управления самолета (датчики, вычислители, рулевые приводы), принципы действия и математические модели.
7. Цифровые системы управления самолетом.
8. Системы улучшения устойчивости и управляемости (СУУ), их назначение и классификация.
9. СУУ продольного движения самолета.
10. Архитектура, способы передачи сигналов, особенности обеспечения надежности и особенности динамики.

#### Билет 1

- 1 Описание основных концепций проектирования и структура комплексной системы управления самолета.
- 2 Характеристики режимов управления самолетом, общая структура системы управления самолета, назначение отдельных подсистем и их взаимодействие.

#### Билет 2

- 1 Типы систем ручного управления самолетом (прямая механическая, бустерная механическая, электродистанционная система управления).
- 2 Способы организации взаимодействия систем ручного и автоматического управления самолетом.

#### Билет 3

- 1 Принципы безопасности полета при проектировании систем управления самолетом (отказобезопасные и практически безотказные системы), резервирование в системах управления.
- 2 Элементы систем управления самолета (датчики, вычислители, рулевые приводы), принципы действия и математические модели.

#### Билет 4.

- 1 Цифровые системы управления самолетом. Архитектура, способы передачи сигналов, особенности обеспечения надежности и особенности динамики.
- 2 Системы улучшения устойчивости и управляемости (СУУ), их назначение и классификация.

#### Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Во время проведения дифференцированного зачета и экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой.

Дифференцированный зачет и экзамен могут проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий, или путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.