

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ»

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Цель дисциплины – усвоение основ и принципов работы систем управления летательными аппаратами.

Задачи дисциплины – научить студентов методикам и средствам решения задач по соответствующей области систем управления летательными аппаратами; изложить принципы работы систем управления летательными аппаратами; научить создавать математические модели движения летательных аппаратов и работы их систем управления; научить разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты систем управления.

Компетенции, достижение которых планируется по завершении изучения курса (см. табл. 1):

Таблица 1

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПСК-9.1 способностью проектировать системы управления движением летательных аппаратов	Знать: характеристики ЛА как объекта управления
	Уметь: рассчитывать или определять экспериментально характеристики элементов и всей системы управления
	Владеть: методами математического и полунатурного моделирования СУЛА
ПК-12 способностью проводить анализ подвижных аппаратов и разрабатывать опытные образцы приборов, систем и комплексов соответствующего профиля	Знать: основные методы получения сигналов с использованием имитационного и полунатурного моделирования
	Уметь: выполнять теоретический анализ математических моделей систем управления летательными аппаратами
	Владеть: навыками математического и полунатурного моделирования СУЛА
ПК-33 способностью проводить наладку, настройку, регулировку, проверку и опытную эксплуатацию приборов и агрегатов систем в соответствии со стандартами и техническими условиями	Знать: принципы построения систем управления ЛА; основные элементы системы управления: датчики, управляющие устройства, исполнительные механизмы
	Уметь: проводить анализ установившихся и переходных режимов работы системы ее устойчивости и показателей качества; синтезировать управляющие и корректирующие устройства СУ
	Владеть: навыками проверки работоспособности оборудования системы управления и его настройки; методикой проведения натурных испытаний

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 2

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	ЛА как объект управления	32	16	16	0
2	Системы управления и навигации ЛА	64	32	8	24

ЛЕКЦИИ

Таблица 3

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Цели и задачи дисциплины. Особенности ЛА как объекта управления. Ограниченность классической теории управления. Новые методы. Имитационное и полунатурное моделирование	2
2	1	Классификация ЛА: баллистические ракеты; ракеты-носители, КЛА; самолеты и самолеты-снаряды; беспилотные ЛА и др. Особенности СУ, обусловленные целью управления, условиями полета, конструкцией и т. д. Авиационные и ракетные комплексы. Типовые структуры систем управления	2
3	1	ЛА как объект управления. Силы и моменты, действующие на ЛА: сила тяги двигательной установки; сила притяжения; аэродинамическая сила и момент. Силы и моменты, создаваемые органами управления. Способы управления. Уравнения движения, их особенности. Способы определения сил и моментов. Стандартная атмосфера. Возмущенное и невозмущенное движение	2
4	1	Методы интегрирования уравнений движения. Характеристики траекторий (орбит). Упрощение уравнений. Линеаризация. Передаточные функции и частотные характеристики. Моделирование ЛА на аналоговых и цифровых вычислительных машинах	2
5	1	Датчики систем инерциальной навигации. Акселерометры, датчики угловой скорости, сравнительная характеристика ИНС и БИНС, датчики и системы инерциальной навигации на основе MEMS технологии. Современные системы инерциальной навигации и перспективы их развития	2
6	1	Датчики систем спутниковой навигации. ГЛОНАСС и GPS приемники. Алгоритмы обработки сигнала	2
7	1	Управляющие устройства СУЛА. Логическое, аналоговое и цифровое управление. Бортовые цифровые управляющие вычислительные машины. Специализированные информационно вычислительные системы	2
8	1	Исполнительные механизмы систем управления ЛА	2
9	2	Проблемы навигационного обеспечения подвижных объектов в автономных, командных или комбинированных системах управления	2

10	2	Инерциальные радиолокационные, оптические или инфракрасные (тепловые) системы навигации. Корреляционные и интегрированные системы обработки измерительной информации	2
11	2	Параметры ориентации ЛА: направляющие косинусы, углы Эйлера и Крылова, вектор конечного поворота, параметры Родрига - Гамильтона и Кейли – Клейна.	6
12	2	Кинематические и динамические уравнения вращения ЛА. Системы управления углами тангажа, крена, и рысканья (курса)	6
13	2	Системы стабилизации движения ЛА	6
14	2	Задача стабилизации движения ЛА и трудности ее решения. Стабилизация слабо демпфированных или условно устойчивых объектов. Грубые или самонастраивающиеся системы управления? Идентификация параметров объекта управления и алгоритм настройки. Системы с моделью	6
15	2	СУРТ как метод повышения энергоэффективности. Принципы построения и структурные схемы. Алгоритмы управления	4

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Таблица 4

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Структурная схема ЛА, как твердого тела. Математические модели и структурные схемы силы притяжения, стандартной атмосферы и силы аэродинамического сопротивления, движения тела переменной массы	2
2	1	Структурная схема ЛА как объекта управления. Математические модели датчиков, органов управления и исполнительных механизмов	2
3	1	Траектории движения ЛА на активном и пассивном участке траектории	2
4	1	Математические модели и структурные схемы датчиков угловой скорости	2
5	1	Структурная схема акселерометра. Статические и динамические характеристики	2
6	1	Математические модели и структурные схемы исполнительных механизмов	2
7	1	ИНС на основе ГСП. Структурная схема	2
8	1	Структурные схемы БИНС	2
9	2	Спутниковая навигация	1
10	2	Параметры ориентации ЛА. Преобразование одних параметров в другие	2
11	2	Кинематические уравнения вращения ЛА	1
12	2	Динамические уравнения вращения ЛА	1
13	2	Управляющие и корректирующие и исполнительные устройства систем стабилизации	1
14	2	Структурные схемы систем стабилизации. Частотные характеристики	2

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Таблица 5

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Определение параметров элементов системы управления ЛА по результатам стендовых и летных испытаний	6
2	2	Статические и динамические характеристики систем управления ЛА	6
3	2	Исследование точностных характеристик БИНС на двухступенном моделирующем стенде	6
4	2	Измерение частотных характеристик системы стабилизации продольного движения ЛА	6

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

Таблица 6

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Изучение отдельных разделов дисциплины (8 семестр)	Основная - 1 (с.7-184); 3 (с. 24-39); 4 (с. 79)	44
Изучение отдельных разделов дисциплины (9 семестр)	Основная - 2 (с. 34-563); 1 (с. 254-271)	44
Подготовка к зачету	Основная 1-3. Дополнительная - 1	16
Подготовка к экзамену	Основная 1-3. Дополнительная - 2	16

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Таблица 7

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ПК-12 способностью проводить анализ подвижных аппаратов и разрабатывать опытные образцы приборов, систем и комплексов соответствующего профиля	Зачет	1
Все разделы	ПК-33 способностью проводить наладку, настройку, регулировку, проверку и опытную эксплуатацию приборов и агрегатов систем в соответствии со стандартами и техническими условиями	Зачет	1
Все разделы	ПСК-9.1 способностью проектировать системы управления движением летательных аппаратов	Зачет	1
Все разделы	ПК-12 способностью проводить анализ подвижных аппаратов и разрабатывать опытные	Экзамен	1

	образцы приборов, систем и комплексов соответствующего профиля		
Все разделы	ПК-33 способностью проводить наладку, настройку, регулировку, проверку и опытную эксплуатацию приборов и агрегатов систем в соответствии со стандартами и техническими условиями	Экзамен	2
Все разделы	ПСК-9.1 способностью проектировать системы управления движением летательных аппаратов	Экзамен	1

ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ, ПРОЦЕДУРЫ ПРОВЕДЕНИЯ, КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

1. Зачет

Студенту задается 1 вопрос из перечня. Если студент не отвечает на вопрос, ему задаются уточняющие вопросы.

Критерии оценивания:

Зачтено: Правильный ответ на вопрос, допускаются неточности.

Не зачтено: Неправильный ответ на вопрос.

Вопросы

1. Общие сведения о баллистических ракетах.
2. Траектории баллистических ракет (основные понятия, элементы траектории).
3. Уравнения движения баллистической ракеты на пассивном участке траектории.
4. Формы траекторий баллистических ракет (математическое описание, характерные особенности).
5. Способы управления дальностью полета баллистической ракеты.
6. Уравнения движения баллистической ракеты на заключительном участке траектории при входе в атмосферу.
7. Энергетика активного участка траектории баллистической ракеты (уравнение Циолковского, понятие удельного импульса силы).
8. Способы увеличения конечной скорости баллистической ракеты на активном участке.
9. Общие сведения об органах управления полетом баллистической ракеты.
10. Принципы действия, типы акселерометров, уравнения движения.

2. Экзамен

Студенту задаются 2 вопроса из 1 и 2 частей. В случае, если студент не отвечает на вопрос, ему задаются уточняющие вопросы по этой части.

Критерии оценивания:

Отлично: Правильный ответ на 2 вопроса.

Хорошо: Правильный ответ на 2 вопроса, допускаются незначительные ошибки.

Удовлетворительно: Правильный ответ на 1 вопрос.

Неудовлетворительно: Ответ менее, чем на 1 вопрос.

Вопросы

I ЧАСТЬ

1. Общие сведения о баллистических ракетах.

2. Траектории баллистических ракет (основные понятия, элементы траектории).

3. Уравнения движения баллистической ракеты на пассивном участке траектории.

4. Формы траекторий баллистических ракет (математическое описание, характерные особенности).

5. Эллиптическая дальность и время полета баллистической ракеты.

6. Коэффициенты ошибок эллиптической дальности.

7. Способы управления дальностью полета баллистической ракеты.

8. Уравнения движения баллистической ракеты на заключительном участке траектории при входе в атмосферу.

9. Энергетика активного участка траектории баллистической ракеты (уравнение Циолковского, понятие удельного импульса силы).

II ЧАСТЬ

1. Способы увеличения конечной скорости баллистической ракеты на активном участке.

2. Программа угла наклона траектории баллистической ракеты.

3. Общие сведения об органах управления полетом баллистической ракеты.

4. Системы автоматического управления дальностью полета баллистической ракеты.

5. Принципы действия, типы акселерометров, уравнения движения.

6. Система стабилизации угла крена баллистической ракеты.

7. Система боковой стабилизации баллистической ракеты. Уравнения бокового возмущенного движения.

8. Система стабилизации угла рыскания БР (уравнения движения, законы управления, оценка устойчивости и качества динамики).

9. Влияние упругого изгиба корпуса баллистической ракеты на устойчивость системы стабилизации.

10. Влияние колебаний жидких компонентов на динамику ракеты

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Печатная литература

а) основная литература:

1. Разоренов, Г. Н. Системы управления летательными аппаратами (баллистическими ракетами и их головными частями) Учеб. для вузов по специальности "Системы упр. летат. аппаратами" направления подгот. дипломир. специалистов "Системы упр. движением и навигация" / Г. Н. Разоренов, Э. А. Бахрамов, Ю. Ф. Титов; Под ред. Г. Н. Разоренова. - М.: Машиностроение, 2003. - 581, [1] с. ил.

2. Лысенко, Л. Н. Наведение и навигация баллистических ракет [Текст] учеб. пособие для вузов по направлению "Ракетостроение и космонавтика" и "Гидроаэродинамика и динамика полета" / Л. Н. Лысенко. - М.: Издательство МГТУ, 2007. - 669, [1] с. ил. 22 см.

3. Кузовков, Н. Т. Системы стабилизации летательных аппаратов (баллистических и зенитных ракет) Учеб. пособие для студентов авиац. спец. вузов / Н. Т. Кузовков. - М.: Высшая школа, 1976. - 304 с. ил.

4. Колесников, К. С. Динамика ракет Учеб. по специальностям "Ракетостроение" и "Косм. летат. аппараты и разгон. блоки" / К. С. Колесников. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Машиностроение, 2003. - 519 с. ил.

5. Дмитриевский, А. А. Внешняя баллистика Учеб. для вузов по специальности "Баллистика" направления подгот. "Гидроаэродинамика и динамика полета" / А. А. Дмитриевский, Л. Н. Лысенко. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2005. - 607, [1] с. ил.

6. Долбенков, В. И. Simulink в задачах систем автоматического управления Учеб. пособие / В. И. Долбенков; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Системы управления; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2005. - 101, [2] с.

б) дополнительная литература:

1. Чембровский, О. А. Общие принципы проектирования систем управления [Текст] / О. А. Чембровский, Ю. И. Топчеев, Г. В. Самойлович. - М.: Машиностроение, 1972. - 414 с. черт.

2. Вермишев, Ю. Х. Основы автоматизации проектирования. - М.: Радио и связь, 1988. - 278 с. ил.

3. Ануфриев, И. Е. MATLAB 7 Наиболее полное рук. / И. Е. Ануфриев, А. Б. Смирнов, Е. Н. Смирнова. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 1104 с.

4. Остославский, И. В. Динамика полета. Траектории летательных аппаратов [Текст] учеб. для авиац. вузов и фак. / И. В. Остославский, И. В. Стражева. - М.: Оборонгиз, 1963. - 430 с. ил.

5. Основы проектирования летательных аппаратов (транспортные системы) Учеб. пособие для вузов по специальности "Ракетостроение" направления "Ракетостроение и космонавтика" / В. П. Мишин, В. К. Безвербый, Б. М. Панкратов, В. И. Зернов; Под ред. А. М. Матвеевко, О. М. Алифанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2005. - 373, [1] с. ил.

6. Поршнеv, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB [Текст] учеб. пособие для вузов / С. В. Поршнеv. - 2-е изд., испр. - СПб. и др.: Лань, 2011. - 726 с. ил. 1 электрон. опт. диск.

Электронная учебно-методическая документация (табл. 8):

Таблица 8

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность
1	Основная литература	Дмитриевский, А.А. Внешняя баллистика: Учебник для студентов вузов. [Электронный ресурс] / А.А. Дмитриевский, Л.Н. Лысенко. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2005. — 608 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/767 — Загл. с экрана.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
2	Основная литература	Сихарулидзе, Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.Г. Сихарулидзе. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 410 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/70701 . — Загл. с экрана.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
3	Дополнительная литература	Поршнеv, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. + CD. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 736 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/650 — Загл. с экрана.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
4	Дополнительная литература	Петров, А.В. Моделирование процессов и систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Петров. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 288 с. Гиперссылка	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
5	Дополнительная литература	Проектирование исполнительных органов систем управления движением космических летательных аппаратов. В 2 частях. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Зеленцов [и др.] ; под ред. Петрикевича Б.Б.. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 115 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/58451 . — Загл. с экрана.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
6	Дополнительная литература	Основы проектирования летательных аппаратов (транспортные системы). Учебное пособие для технических вузов. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.П. Мишин [и др.]. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2005. — 375 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/812 — Загл. с экрана.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие сведения.....	1
Содержание дисциплины.....	2
Лекции	2
Практические занятия.....	3
Лабораторные работы.....	4
Самостоятельная работа студента	4
Паспорт фонда оценочных средств.....	4
Типовые задания, процедуры проведения, критерии оценивания.....	5
1. Зачет	5
2. Экзамен	5
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	7