

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) **Юнаков Л. П.**
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДИНАМИКА ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Направление/специальность подготовки	24.05.06 Системы управления летательными аппаратами
Специализация/профиль/программа подготовки	Системы управления беспилотными летательными аппаратами
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	6	4	144	68	34	0	34	76	0	0	76	ЭКЗ.

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: 2024

Программу составил:

Кафедра А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Лемешонок Татьяна Юрьевна, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДИНАМИКА ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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 — способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач
ПСК-2.2 — Способность к разработке методик исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов
ПСК-2.6 — Способность к разработке и исследованию алгоритмов функционирования системы управления БПЛА

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-5

знания:

знать основные понятия динамики полета летательных аппаратов;

знать методы наведения летательных аппаратов различных типов;

знать типовые траектории летательных аппаратов различных типов;

знать состав и особенности построения и применения математических моделей летательных аппаратов различных типов;

знать принципы функционирования и математические модели подвижных объектов и комплексов взаимодействующих подвижных объектов;

умения:

выбрать и конкретизировать соответствующую задаче исследования модель управляемого движения ЛА;

использовать методические приемы упрощения моделей движения ЛА;

навыки:

владеть методикой проектирования ЛА на основе анализа математических моделей движения.

ПСК-2.2

знания:

принципов построения математических моделей;

особенностей различных задач управления;

умения:

разрабатывать и использовать математические модели движения летательных аппаратов в различных системах координат с учетом различных возмущающих факторов;

использовать математические модели управляемых летательных аппаратов при решении задач проектирования ЛА и синтеза их систем управления;

разрабатывать алгоритмы и методы численного решения инженерных задач в области динамики, баллистики и управления полетом ЛА;

навыки:

владеть основными методами анализа и синтеза математических моделей динамики ЛА и систем управления ЛА различных типов;

иметь навыки использования аналитических и численных методов для анализа и обработки результатов натурных (летных) испытаний ЛА, а также проектирования ЛА.

ПСК-2.6

знания:

принципов построения математических моделей;

особенностей различных задач управления;

умения:

разрабатывать и использовать математические модели движения летательных аппаратов в различных системах координат с учетом различных возмущающих факторов;

использовать математические модели управляемых летательных аппаратов при решении задач проектирования ЛА и синтеза их систем управления;

разрабатывать алгоритмы и методы численного решения инженерных задач в области динамики, баллистики и управления полетом ЛА;

навыки:

владеть основными методами анализа и синтеза математических моделей динамики ЛА и систем управления ЛА различных типов;

иметь навыки использования аналитических и численных методов для анализа и обработки результатов натурных (летных) испытаний ЛА, а также проектирования ЛА.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ДИНАМИКА ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** 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, ФИЗИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **БАЛЛИСТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ВЕРОЯТНОСТНЫЙ АНАЛИЗ УПРАВЛЯЕМОГО ДВИЖЕНИЯ БПЛА, ДИНАМИКА КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА**.

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-2 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-9 — Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения

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 в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-5	ПСК-2.2	ПСК-2.6
3	6	Раздел 1. Цели и задачи курса. Связь курса с фундаментальными и прикладными науками. Основные принципы построения моделей движения летательных аппаратов. 1.1. Состав математической модели движения ЛА. Основные законы механики, используемые при составлении модели движения тела переменной массой. 1.2. Системы координат, используемые при описании движения ЛА. Связь между системами координат.	12	6	4	2	6	10	10	10
3	6	Раздел 2. Основные геометрические и кинематические соотношения, используемые при описании движения ЛА. 2.1. Кинематические соотношения, определяющие положение ЛА при старте с неподвижного носителя.	7	2	2	0	5	10	10	10
3	6	Раздел 3. Уравнения динамики пространственного движения жесткого ЛА с переменной массой без учета колебаний жидкого наполнителя. 3.1. Силы и моменты, действующие на ЛА. Выражения для проекций сил и моментов на различные координатные оси. 3.2. Уравнения поступательного движения ЛА в пространстве. Понятие о маневренности. 3.3. Уравнения вращательного движения ЛА в пространстве. 3.4. Система уравнений пространственного движения ЛА при закрепленных рулях, анализ этой системы. Методы упрощения. Программные движения. 3.5. Учет влияния постоянного ветра в уравнениях движения ЛА. Уравнения продольного движения ЛА с учетом влияния ветра.	37	22	10	12	15	25	25	25
3	6	Раздел 4. Расчет траекторий неуправляемых и автономно-управляемых ЛА. 4.1 Математическая постановка задачи расчета идеальной траектории ЛА. Расчет траектории неуправляемых реактивных снарядов ближнего действия. Система уравнений, алгоритмы и методы расчета. 4.2. Расчет активного участка траектории баллистических ракет (БР) и ракет-носителей космических ЛА (КЛА). Программная траектория, требования к программе, постановка задачи выбора оптимальной программы. Особенности программы для двух и более ступенчатых ракет. 4.3. Расчет пассивного участка траектории БР и ракет-носителей КЛА. Эллиптическая теория. 1-ая и 2-ая космические скорости. Дальность и время полета БР. Оптимальный угол бросания в условиях допущений эллиптической теории. 4.4. Задача управления дальностью БР. Простейшие функционалы.	59	29	14	15	30	30	30	30
3	6	Раздел 5. Расчет траекторий телеуправляемых и самонаводящихся ЛА. 5.1. Кинематический метод анализа траекторий. Классификация методов наведения. Требования к методам наведения. Уравнения для расчета траектории методов наведения двухточечного типа. Формулы промаха ракеты для методов наведения двухточечного типа. 5.2. Уравнения для расчета траектории методов наведения трехточечного типа. Сравнительный анализ. Уравнения для расчета траектории методов наведения трехточечного типа. Понятие динамической ошибки наведения.	29	9	4	5	20	25	25	25
Всего за 6 семестр			144	68	34	34	76	100	100	100
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Цели и задачи курса. Связь курса с фундаментальными и прикладными науками. Основные принципы построения моделей движения летательных аппаратов.	Связь между системами координат. Направляющие косинусы. Вывод формул для направляющих косинусов.	2
2	Раздел 3. Уравнения динамики пространственного движения жесткого ЛА с переменной массой без учета колебаний жидкого наполнителя.	Вывод уравнений движения жесткого ЛА в пространстве с использованием координатных систем.	2
3		Методика линеаризации уравнений.	2
4		Расчет траектории неуправляемых реактивных ЛА малой дальности с учетом и без учета действия ветра.	8

		Алгоритм расчета. Методические указания по написанию программы расчета в среде Matlab.	
5	Раздел 4. Расчет траекторий неуправляемых и автономно-управляемых ЛА.	Расчет активного участка баллистических ракет при заданном законе угла тангажа. Расчет траектории пассивного участка баллистических ракет в центральном полете тяготения в среде без сопротивления. Методические указания по написанию программы расчета в среде Matlab.	7
6		Исследование влияния аэродинамического качества ЛА на траекторию неуправляемого спуска в атмосфере земли с учетом кривизны ее поверхности.	4
7		Использование формул эллиптической теории для расчета параметров движения БР на пассивном участке. Решаются задачи определения параметров движения БР и искусственного спутника Земли с использованием формул эллиптической теории.	2
8		Определение географических координат точки падения БР.	2
9	Раздел 5. Расчет траекторий телеуправляемых и самонаводящихся ЛА.	Примеры расчета кинематических траекторий для различных методов наведения в частном случае движения цели: скорость цели постоянна, угол возвышения равен 180град.	5
Всего за 6 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Цели и задачи курса. Связь курса с фундаментальными и прикладными науками. Основные принципы построения моделей движения летательных аппаратов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	6
2	Раздел 2. Основные геометрические и кинематические соотношения, используемые при описании движения ЛА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	5
3	Раздел 3. Уравнения динамики пространственного движения жесткого ЛА с переменной массой без учета колебаний жидкого наполнителя.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Расчет траектории неуправляемых реактивных ЛА малой дальности. Написание программы расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	15
4	Раздел 4. Расчет траекторий неуправляемых и автономно-управляемых ЛА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Расчет программной траектории активного участка баллистической ракеты при заданном законе угла возвышения. Написание программы расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	30
5	Раздел 5. Расчет траекторий телеуправляемых и самонаводящихся ЛА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Наведение телеуправляемого ЛА по методу трех точек. Написание программы расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	20
Всего за 6 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
6				ТекК		ДР	Отч. по ПЗ	Контр.Р.	ТекК	ДР	Отч. по ПЗ			ТекК	Отч. по ПЗ	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- Контр.Р. – контрольная работа.

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию;
- контрольная работа.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы расчёта траектории летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
2. Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018, эл. рес.
3. Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018, 100 экз.
4. Л. Н. Лысенко. . Наведение баллистических ракет. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020, 50 экз.
5. О. А. Толпегин, В. М. Кашин, В. Г. Новиков. . Математические модели систем наведения ракет. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 50 экз.
6. Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова. . Траекторные задачи в динамике движения летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 46 экз.
7. Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова. . Траекторные задачи в динамике движения летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, эл. рес.
8. Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова, Н. Е. Баранов. . Математические модели динамики движения летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 45 экз.
9. Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова, Н. Е. Баранов. . Математические модели динамики движения летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, эл. рес.
10. Ф. К. Неупокоев. . Стрельба зенитными ракетами. М.: Воениздат, 1991, эл. рес.
11. Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013, 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://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
4. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
5. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

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 - 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.

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. Matlab 2015a SP1.

6.3. 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 **ДИНАМИКА ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.06 *Системы управления летательными аппаратами*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование компетенций:

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

ПСК-2.2 Способность к разработке методик исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов;

ПСК-2.6 Способность к разработке и исследованию алгоритмов функционирования системы управления БПЛА.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с принципами построения математической модели движения ЛА, основ теории полета, расчета траекторий полета ракет различных классов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию;
- контрольная работа.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 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.
Раздел 1. Цели и задачи курса. Связь курса с фундаментальными и прикладными науками. Основные принципы построения моделей движения летательных аппаратов.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	<p>Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов: М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 (1)</p> <p>Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (1)</p> <p>Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (1)</p> <p>Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова, Н. Е. Баранов. . Математические модели динамики движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1)</p> <p>Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова, Н. Е. Баранов. . Математические модели динамики движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1)</p>	6
Итого по разделу 1		6
Раздел 2. Основные геометрические и кинематические соотношения, используемые при описании движения ЛА.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	<p>Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (1)</p> <p>Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов: М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 (1)</p> <p>Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова, Н. Е. Баранов. . Математические модели динамики движения</p>	5

	летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1)	
Итого по разделу 2		5
Раздел 3. Уравнения динамики пространственного движения жесткого ЛА с переменной массой без учета колебаний жидкого наполнителя.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Расчет траектории неуправляемых реактивных ЛА малой дальности. Написание программы расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (1,2) Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова, Н. Е. Баранов. . Математические модели динамики движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (2) Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова. . Траекторные задачи в динамике движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1) Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов: М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 (1) Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова, Н. Е. Баранов. . Математические модели динамики движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (2) Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова. . Траекторные задачи в динамике движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1)	15
Итого по разделу 3		15
Раздел 4. Расчет траекторий неуправляемых и автономно-управляемых ЛА.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Расчет программной траектории активного участка баллистической ракеты при заданном законе угла возвышения. Написание программы расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов: М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 (2) Л. Н. Лысенко. . Наведение баллистических ракет: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020 (5) Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова. . Траекторные задачи в динамике движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (2,3,4) Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова. . Траекторные задачи в динамике движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им.	30

	Д. Ф. Устинова, 2021 (2,3,4) В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы расчёта траектории летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1,2)	
Итого по разделу 4		30
Раздел 5. Расчет траекторий телеуправляемых и самонаводящихся ЛА.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Наведение телеуправляемого ЛА по методу трех точек. Написание программы расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	О. А. Толпегин, В. М. Кашин, В. Г. Новиков. . Математические модели систем наведения ракет: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1,4) Ф. К. Неупокоев. . Стрельба зенитными ракетами: М.: Воениздат, 1991 (2) Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова. . Траекторные задачи в динамике движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (5) В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы расчёта траектории летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (3)	20
Итого по разделу 5		20

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию;
- контрольная работа;
- экзамен.

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.

Вопросы для текущего контроля

Студенту предлагается 3 вопроса по результатам прохождения раздела, на которые необходимо дать правильный ответ. Вопросы для текущего контроля приведены в УМК дисциплины.

Отчет по практическому заданию

Комплект практических заданий входит в состав УМК дисциплины.

Практическое задание (ПЗ) считается выполненным, если студент полностью выполнил все пункты ПЗ. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненному заданию и ответов на вопросы преподавателя.

При оформлении практических заданий требуется руководствоваться следующими рекомендациями:

-В начале описательной части отчета излагается содержание, приводятся схема, математическая модель, исходные данные для расчетного варианта, метод решения.

-Все вычисления проводятся подробно, сопровождаясь необходимыми пояснениями. Все вычисления заносятся в таблицы.

-Табличные данные представляются также в виде графиков, условные обозначения и размерности откладываемых по осям величин указываются в принятых по ГОСТ сокращениях.

-При выполнении расчетов с использованием ЭВМ нужно обязательно приводить распечатки (листинг) программ.

-По каждому ПЗ студент должен представить выводы на основании выполненных расчетов.

Студент обязан выполнять все ПЗ в срок и сдавать их преподавателю согласно графику мероприятий межсессионного контроля.

Отчет по ПЗ считается принятым в случае, если оформление отчета соответствует указанным требованиям, и студент ответил не менее чем на 60% вопросов преподавателя по теме ПЗ.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала.

Контрольная работа

Результаты выполнения контрольной работы оцениваются по четырехбалльной шкале («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно»).

Контрольная работа включает в себя две задачи.

Задачи приведены в УМК дисциплины.

Для получения оценки «удовлетворительно» необходимо полностью и правильно решить 1 задачу. Для получения оценки «отлично» необходимо полностью и правильно решить 2 задачи. Для получения оценки «хорошо» необходимо решить 2 задачи, при этом допускается иметь 1-2 замечания.

При отсутствии положительной оценки за контрольную работу в плановый срок ее проведения студенту необходимо полностью или частично переписывать контрольную работу в часы плановых консультаций и приема задолженностей вплоть до получения положительной оценки.

Экзамен

Допуск к экзамену оформляется при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий.

Экзамен проводится в форме ответов на два вопроса экзаменационного билета. Комплект билетов входит в состав УМК дисциплины

Итоги сдачи экзамена оцениваются следующим образом:

- полный правильный ответ на оба вопроса – отлично;
- полный правильный ответ на один из вопросов с дополнительным собеседованием по второму – хорошо;
- неполные ответы на оба вопроса с дополнительным собеседованием по их тематике – удовлетворительно;
- неправильные ответы и не готовность к собеседованию по темам билета – неудовлетворительно.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %			НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-5	ПСК-2.2	ПСК-2.6	
3	6	Раздел 1. Цели и задачи курса. Связь курса с фундаментальными и прикладными науками. Основные принципы построения моделей движения летательных аппаратов.	12	6	4	2	6	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 2. Основные геометрические и кинематические соотношения, используемые при описании движения ЛА.	7	2	2	0	5	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 3. Уравнения динамики пространственного движения жесткого ЛА с переменной массой без учета колебаний жидкого наполнителя.	37	22	10	12	15	25	25	25	Контрольная работа, Отчет по практическому заданию
3	6	Раздел 4. Расчет траекторий неуправляемых и автономно-управляемых ЛА.	59	29	14	15	30	30	30	30	Отчет по практическому заданию
3	6	Раздел 5. Расчет траекторий телеуправляемых и самонаводящихся ЛА.	29	9	4	5	20	25	25	25	Отчет по практическому заданию
Всего за 6 семестр			144	68	34	34	76	100	100	100	
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100	100	100	

Критерии оценивания

ОПК-5

Вопросы открытого типа:

- № 1 С помощью каких углов и в какой последовательности можно перейти от стартовой системы координат к связанной?
- № 2 Какие ограничения и почему накладываются на угол атаки при прохождении ЛА участка траектории в области трансзвуковых скоростей
- № 3 Назовите допущения, принимаемые при расчёте активного участка траектории неуправляемых ракет ближнего действия
- № 4 Активный участок траектории баллистической ракеты большой дальности может быть разбит на какие участки
- № 5 Чему равна тангенциальная перегрузка при замедленном полете?
- № 6 Что понимают под перегрузкой?
- № 7 Опишите, как направлен вектор скорости при использовании метода погони?
- № 8 Перечислите орбиты конического сечения бывают в зависимости от величины эксцентриситета
- № 9 Какое движение рассматривает эллиптическая теория?
- № 10 Какие существуют способы упрощения полной системы уравнений, описывающей движение летательного аппарата при закреплённых рулях?

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Соотнесите направление и соответствующую координатную ось
1. Ось Ox связанной системы координат
 2. Ось Ox_a скоростной системы координат
 3. Ось Ox_c стартовой системы координат
- a. направлена по оси летательного аппарата
- b. направлена по направлению стрельбы
- c. направлена по вектору скорости
- № 2 С помощью каких углов можно перейти от одной системы координат к другой?
1. от стартовой к связанной
 2. от стартовой к скоростной
 3. от скоростной к связанной
- a. угол рыскания, тангажа, крена
- b. угол курса, возвышения, скоростной угол крена
- c. угол атаки, скольжения
- № 3 Через какие углы связаны между собой связанная и стартовая системы координат?
- a. углы нутации, ротации и прецессии
 - b. углы атаки и скольжения
 - c. углы курса, возвышения и крена
 - d. углы тангажа, рыскания и крена
 - e. углы атаки, скольжения, скоростной угол крена
- № 4 Укажите верную связь между матрицами направляющих косинусов

- a. $A=B(C^T)$
- b. $B=A(C^T)$
- c. $C=AB$
- d. $A=CB$
- e. $B=(A^T)C$
- № 5 Укажите, что определяют кинематические соотношения
- a. координаты центра масс летательного аппарата и углы тангажа, рыскания и крена
- b. угловую и линейную скорости ЛА
- c. углы атаки и скольжения
- d. координаты центра масс летательного аппарата и углы атаки и скольжения
- e. зависимость между угловыми и линейными скоростями ЛА
- № 6 Укажите, что определяют геометрические соотношения
- a. связь между углами, ориентирующими ЛА, и их угловыми скоростями
- b. взаимное положение скоростной и связанной систем координат
- c. положение оси ЛА относительно стартовой системы координат
- d. связь между угловыми и линейными координатами ЛА
- e. связь между углами, ориентирующими ЛА в различных системах координат
- № 7 Какие координатные оси лежат в вертикальной плоскости?
- a. ось ОУ связанной системы координат
- b. Ось ОУа скоростной системы координат
- c. Ось ОУе полусвязанной системы координат
- d. Ось ОУ* полускоростной системы координат
- e. Ось ОУс стартовой системы координат
- № 8 Какие координатные оси лежат в горизонтальной плоскости?
- a. ось ОХ связанной системы координат
- b. Ось ОZ* полускоростной системы координат
- c. Ось ОZe полусвязанной системы координат
- d. Ось OZa скоростной системы координат
- e. Ось ОХс стартовой системы координат
- № 9 При каких допущениях справедливо упрощенное выражение для определения угла крена:
- a. угол возвышения равен нулю
- b. угол возвышения равен 90
- c. угол атаки, скольжения, крена - малые углы
- d. угол тангажа равен углу возвышения
- e. угол атаки равен нулю

- a. Не учитываются кориолисовы силы и возмущающее действие атмосферы Земли
- b. Стартовая система координат принимается инерциальной, но при этом учитывается вращательное движение Земли
- c. Не учитывается орбитальное движение Земли и её вращательное движение
- d. Считается, что движение ЛА происходит под действием одной центральной силы земного тяготения
- e. Не учитывается орбитальное движение Земли и считается, что движение ЛА происходит под действием одной центральной силы земного тяготения

ПСК-2.2*Вопросы открытого типа:*

- № 1 Для каких летательных аппаратов разделение пространственного движения на продольное и боковое недопустимо?
- № 2 Для линеаризации пространственной модели движения ЛА необходимо...
- № 3 Для чего чаще всего используется разделение пространственного движения ЛА на поступательное движение центра масс и вращательное движение около центра масс?
- № 4 Что такое динамические коэффициенты?
- № 5 Если эксцентриситет $e > 1$, то какой вид траектории конического сечения имеет место?
- № 6 Чему равна первая космическая скорость равна (км/с)?
- № 7 Укажите, чему равен эксцентриситет параболической орбиты?
- № 8 Чему равна нормальная скоростная перегрузка при полете в горизонтальной плоскости?
- № 9 Чему равна боковая перегрузка при полете в вертикальной плоскости?
- № 10 Укажите количество связей между углами, ориентирующими ЛА в различных системах координат.

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Угловая скорость скоростной системы координат вычисляется по следующей зависимости:

$$\begin{aligned}
 \text{a. } \vec{\omega} &= d\vec{\psi}/dt + d\vec{v}/dt \\
 \text{b. } \vec{\omega} &= d\vec{\Psi}/dt + d\vec{\theta}/dt \\
 \text{c. } \vec{\omega} &= d\vec{\Psi}/dt + d\vec{\theta}/dt + d\vec{\gamma}_c/dt \\
 \text{d. } \vec{\omega} &= d\vec{\psi}/dt + d\vec{v}/dt + d\vec{\gamma}/dt \\
 \text{e. } \vec{\omega} &= d\vec{\gamma}_c/dt + d\vec{\gamma}/dt
 \end{aligned}$$

- № 2 Укажите кинематическое уравнение вращательного движения ЛА в векторной форме:

$$\begin{aligned}
 \text{a. } \vec{\omega} &= d\vec{\psi}/dt + d\vec{v}/dt \\
 \text{b. } \vec{\omega} &= d\vec{\Psi}/dt + d\vec{\theta}/dt \\
 \text{c. } \vec{\omega} &= d\vec{\Psi}/dt + d\vec{\theta}/dt + d\vec{\gamma}_c/dt \\
 \text{d. } \vec{\omega} &= d\vec{\psi}/dt + d\vec{v}/dt + d\vec{\gamma}/dt \\
 \text{e. } \vec{\omega} &= d\vec{\gamma}_c/dt + d\vec{\gamma}/dt
 \end{aligned}$$

- № 3 При каких допущениях справедливо следующее соотношение:

$$\dot{\Psi} = \dot{\psi} - \frac{\dot{\beta}}{\cos \theta}$$

- a. углы атаки, скольжения и крена - малы

- b. углы курса и рыскания - малы
- c. угол возвышения равен нулю
- d. угол возвышения равен 90 градусов
- № 4 e. угол атаки равен углу тангажа
Оси каких систем координат совпадают по направлению с осью летательного аппарата?
- a. ось OX связанной системы координат
- b. Ось OXa скоростной системы координат
- c. Ось OXe полусвязанной системы координат
- d. Ось OX* полускоростной системы координат
- № 5 e. Ось OXc стартовой системы координат
Связанная и скоростная системы координат связаны между собой через углы
- a. нутации, ротации и прецессии
- b. атаки и скольжения
- c. Резаля
- d. тангажа, рыскания и крена
- № 6 e. атаки, скольжения и рыскания
Связанная система координат
- a. связана с неподвижной землей и участвует в суточном вращении земли
- b. связана с вектором скорости центра масс ЛА
- c. связана с местной вертикалью
- d. связана с ЛА как с твердым телом
- e. связана с вектором скорости центра масс ЛА и ось y связана с местной вертикалью
- № 7 Угловая скорость крена направлена по оси:
- a. по оси x связанной системы координат
- b. по оси y связанной системы координат
- c. по оси xc стартовой системы координат
- d. по оси ze полусвязанной системы координат
- № 8 e. по оси xa скоростной системы координат
Угловая скорость курса направлена по оси:
- a. по оси x связанной системы координат
- b. по оси z связанной системы координат
- c. по оси yc стартовой системы координат
- d. по оси ye полусвязанной системы координат
- № 9 e. по оси ya скоростной системы координат
Укажите, каким образом происходит учет влияния ветра в уравнениях динамики

- а. в уравнения движения вводятся дополнительные аэродинамические силы и моменты, вызванные возмущающим влиянием ветра
- б. аэродинамические силы и моменты, действующие на ЛА, определяются величиной и ориентацией вектора воздушной скорости
- с. скорость ЛА пересчитывается в соответствии с формулой

$$\vec{V} = \vec{V}_r + \vec{W}$$

- д. данный учет в уравнениях динамики не требуется, т.к. влияние ветра компенсируется системой управления ЛА

- е. в уравнения движения вводятся дополнительные перекрестные связи, вызванные возмущающим влиянием ветра

№ 10

На какие составляющие раскладывается полная аэродинамическая сила в осях скоростной системы координат?

- а. на силу лобового сопротивления, нормальную силу и боковую силу
- б. на продольную силу, нормальную силу и боковую силу
- с. на силу лобового сопротивления, тангенциальную силу и нормальную силу
- д. на силу лобового сопротивления, подъёмную силу и боковую силу
- е. на продольную силу, нормальную силу и тангенциальную силу

ПСК-2.6

Вопросы открытого типа:

- № 1 Чему равна тангенциальная перегрузка при ускоренном полете?
- № 2 Под перегрузкой понимают отношение всех сил, действующих на ЛА (за исключением ...), к произведению массы ЛА на ускорение свободного падения
- № 3 Верно ли утверждение, что вектор перегрузки характеризует маневренность ЛА, т.к. он учитывает величину и направление сил, изменяя которые, можно управлять траекторией движения ЛА.
- № 4 Верно ли утверждение, что уравнения продольного движения можно решать независимо от уравнений бокового движения
- № 5 Из-за чего возникает стабилизирующий момент тангажа?
- № 6 Из-за чего возникает тушащий момент тангажа?
- № 7 Из-за чего возникает управляющий момент тангажа?
- № 8 Верно ли утверждение, что коэффициент статической устойчивости должен быть отрицательным для статически устойчивых летательных аппаратов?
- № 9 Чему равна тангенциальная перегрузка при равномерном полете?
- № 10 Какое движение описывает уравнение Мещерского?

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Угол скольжения это
 - а. угол между вектором скорости ЛА и плоскостью симметрии ЛА
 - б. угол между продольной осью ЛА и горизонтальной плоскостью
 - с. угол между вектором скорости ЛА и плоскостью местного горизонта
 - д. угол между продольной осью ЛА и плоскостью местного горизонта
 - е. угол между вектором скорости ЛА и продольной осью ЛА
- № 2 Величина аэродинамической силы
 - а. прямопропорциональна скоростному напору набегающего потока
 - б. прямопропорциональна характерной площади обтекаемого тела
 - с. обратнопропорциональна скорости набегающего потока

- № 3
- d. прямопропорциональна характерному линейному размеру обтекаемого тела
 - e. обратнопропорциональна характерному линейному размеру обтекаемого тела
- Составляющие аэродинамической силы при действии ветра направлены следующим образом:
- a. Сила лобового сопротивления направлена против вектора воздушной скорости
 - b. Подъемная сила направлена перпендикулярно вектору воздушной скорости
 - c. Сила лобового сопротивления направлена против вектора скорости
 - d. Подъемная сила направлена перпендикулярно вектору скорости
 - e. Подъемная сила направлена по оси OY^* полускоростной системы координат
 - f. Сила лобового сопротивления направлена против оси OX^* полускоростной системы координат
- № 4
- Проекции силы лобового сопротивления на оси полускоростной системы координат при учете ветра равны:
- a. на ось Ox^* равна $-X$
 - b. на ось Ox^* равна $-X \cos v$
 - c. на ось Ox^* равна $-X \sin v$
 - d. на ось Oy^* равна $X \cos v$
 - e. на ось Oy^* равна $X \sin v$
 - f. на ось Oy^* равна $-X \sin v$
- № 5
- Проекции перегрузки на оси полускоростной системы координат называются:
- 1. на ось ox^*
 - 2. на ось oy^*
 - 3. на ось oz^*
- a. тангенциальная перегрузка
 - b. нормальная скоростная перегрузка
 - c. боковая перегрузка
 - d. продольная перегрузка
 - e. нормальная перегрузка
 - f. поперечная перегрузка
- № 6
- Проекции перегрузки на оси связанной системы координат называются:
- 1. на ось ox
 - 2. на ось oy
 - 3. на ось oz
- a. продольная перегрузка
 - b. нормальная перегрузка

- с. поперечная перегрузка
 - d. тангенциальная перегрузка
 - е. нормальная скоростная перегрузка
 - f. боковая перегрузка
- № 7 Методы наведения подразделяются на:
- a. параметрические и кинематические
 - b. однопараметрические и двухпараметрические
 - с. накрытия цели и параллельного сближения
 - d. двухточечные и трехточечные
 - е. двухточечные, трехточечные, четырехточечные
- № 8 Какой метод наведения не относится к методам телеуправления
- a. метод «накрытия» цели
 - b. метод полного спрямления
 - с. метод пропорционального сближения
 - d. метод половинного спрямления
 - е. метод параллельного сближения
- № 9 Какой метод наведения не относится к методам самонаведения
- a. метод погони
 - b. метод параллельного сближения
 - с. метод пропорционального сближения
 - d. метод трех точек
 - е. метод половинного спрямления
- № 10 Соответствие вида траектории скорости ЛА
- 1. Первой космической скорости соответствует
 - 2. Второй космической скорости соответствует
- a. круговая траектория
 - b. параболическая траектория
 - с. эллиптическая траектория