

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

Страхов С. Ю.
(подпись) ФИО
«31» 05 2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ НАВЕДЕНИЯ РАКЕТ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Направление/специальность подготовки	24.05.05 Интегрированные системы летательных аппаратов 24.05.06 Системы управления летательными аппаратами
Специализация/профиль/программа подготовки	Автоматизированные системы управления боевыми авиационными комплексами 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 (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	
4	7	3	108	51	34	17	0	57	0	0	57	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.05.05 Интегрированные системы летательных аппаратов
24.05.06 Системы управления летательными аппаратами

год набора группы: 2022

Программу составил:

Кафедра И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Александров Антон Аскольдович, к.т.н., доцент



Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Заведующий кафедрой Матвеев С.А., к.т.н., доц.



Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Заведующий кафедрой Матвеев С.А., к.т.н., доц.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВЫ НАВЕДЕНИЯ РАКЕТ И СПЕЦИАЛЬНЫХ 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:

24.05.05 (И9)	ПСК-3 — способность определять состав и структуру комплексов бортового оборудования информационно-измерительной, навигационной и управляющей подсистем для авиационных комплексов различного назначения
24.05.06 (И9)	ПСК-3 — способность определять состав и структуру системы управления летательным аппаратом, выбирать способ управления полетом
24.05.05 (И9)	ОПК-2 — способность понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их при решении задач профессиональной деятельности
24.05.06 (И9)	ОПК-2 — способность понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их при решении задач профессиональной деятельности
24.05.05 (И9)	ОПК-5 — способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач
24.05.06 (И9)	ОПК-5 — способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач
24.05.05 (И9)	ОПК-7 — способен на основе анализа современного состояния и тенденций развития военной теории и практики организовывать разработку и разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов и их элементов, требования к условиям и тактике их боевого применения
24.05.06 (И9)	ОПК-7 — способность 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
24.05.05 (И9)	ОПК-8 — способен разрабатывать математические, имитационные и полунатурные модели робототехнических комплексов, объектов и подсистем вооружения и бортового оборудования летательных аппаратов, а также осуществлять синтез по критериям боевой и технико-экономической эффективности
24.05.06 (И9)	ОПК-8 — способность 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:

ПСК-3 (24.05.05, И9)

знания:

законов управления, методов, режимов выведения на заданные линии пути и направления, форм записи выражений формирования управляющих сигналов в задачах управления, обусловленных изменением угла крена, углами атаки и скольжения;;

умения:

- составлять программу управления, выбирать структуру и параметры закона управления, строить алгоритмы выведения,
- формировать требования к аппаратному составу бортовой информационно-измерительной, навигационной и управляющей аппаратуры систем управления исходя из задач управления;;

навыки:

применения законов управления, методов, режимов выведения, форм записи выражений формирования управляющих сигналов с учётом принятых систем координат и дискретных характеристик бортовой информационно-измерительной, навигационной и управляющей аппаратуры;.

ПСК-3 (24.05.06, И9)

знания:

законов управления, методов, режимов наведения динамических объектов, форм записи выражений формирования управляющих сигналов в задачах управления, обусловленных изменением углов атаки и скольжения;;

умения:

- составлять программу управления, выбирать структуру и параметры закона управления, строить алгоритмы наведения,
- формировать требования к аппаратному составу бортовой аппаратуры систем управления исходя из задач алгоритмов управления;;

навыки:

применения законов и алгоритмов управления для построения программных, терминальных манёвров;.

ОПК-2 (24.05.05, И9)

знания:

современных информационных технологий для задач исследования и проектирования бортовых информационно-управляющих систем;;

умения:

обоснованно выбирать средства и методы сбора, обработки, накопления и передачи данных внутри бортовых систем управления;;

навыки:

работы с алгоритмами динамики автопилота и их программной реализацией;.

ОПК-2 (24.05.06, И9)

знания:

современных информационных технологий для задач исследования и проектирования бортовых информационно-управляющих систем;;

умения:

обоснованно выбирать средства и методы сбора, обработки, накопления и передачи данных внутри бортовых систем управления;;

навыки:

работы с алгоритмами динамики управления и их программной реализацией;.

ОПК-5 (24.05.05, И9)

знания:

основ и методов построения и составления математических моделей динамики летательных аппаратов, бортовых измерителей, внешнего окружения, возмущающих воздействий, рельефа земли и водных поверхностей, алгоритмов динамики автопилота;;

умения:

- формировать разнесённые по плоскостям и пространственные динамические математические модели, замкнутые, управляемые;

- выбирать параметры алгоритмов динамики автопилота для проведения моделирования;;

навыки:

моделирования динамических моделей, определения причин разбалансировки сигналов в векторах управления и состояния путём анализа внутренних параметров динамических моделей и набора входных величин;

ОПК-5 (24.05.06, И9)

знания:

основ и методов построения и составления математических моделей динамики летательных аппаратов, бортовых измерителей, внешнего окружения, возмущающих воздействий, рельефа земли и водных поверхностей, алгоритмов управления;;

умения:

- формировать разнесённые по плоскостям и пространственные динамические математические модели, замкнутые, управляемые;

- выбирать параметры алгоритмов динамики управления для проведения моделирования;;

навыки:

моделирования динамических моделей, определения причин разбалансировки сигналов в векторах управления и состояния путём анализа внутренних параметров динамических моделей и набора входных величин;

ОПК-7 (24.05.05, И9)

знания:

способов анализа поведения математических, полунатурных и натурных моделей систем управления и навигации динамических объектов;;

умения:

формировать наборы параметров динамических объектов для проектирования систем динамики управления беспилотных летательных аппаратов;;

навыки:

определения влияния входных сигналов, поступающих от измерителей и алгоритмов управления логикой работы, на динамику управления динамическими объектами.;

ОПК-7 (24.05.06, И9)

знания:

способов анализа поведения моделей динамических объектов.;;

умения:

формировать наборы параметров динамических объектов для проведения анализа качества отработки сигналов управления.;;

навыки:

определения влияния входных сигналов, поступающих от измерителей и алгоритмов управления логикой работы, на динамику управления динамическими объектами.;

ОПК-8 (24.05.05, И9)

знания:

математического аппарата для разработки математических и полунатурных моделей систем управления и навигации беспилотных летательных аппаратов;;

умения:

- разрабатывать математические модели, в том числе, как составляющие полунатурных комплексов,

- формализовывать описания разработанных моделей,

- формировать вычислительные программы для ЭВМ, реализующие математические модели динамических объектов (беспилотных летательных аппаратов),

- применять методы построения динамических моделей для реализации в полунатурных моделях.;;

навыки:

отработки математических моделей динамических объектов (беспилотных летательных аппаратов) на вычислительных машинах.;

ОПК-8 (24.05.06, И9)

знания:

математического аппарата, составляющего основу форм записи алгоритмов динамики управления и логики работы алгоритмов, математических моделей динамики полёта беспилотных летательных аппаратов.;;

умения:

формировать алгоритмы динамики управления для написания программного обеспечения,

- формировать вычислительные программы для ЭВМ, реализующие математические модели динамических объектов (беспилотных летательных аппаратов),

- применять методы построения динамических моделей для реализации в полунатурных моделях.;;

навыки:

отработки математических моделей динамических объектов (беспилотных летательных аппаратов) на вычислительных машинах.;;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОСНОВЫ НАВЕДЕНИЯ РАКЕТ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлениям: 24.05.05 Интегрированные системы летательных аппаратов, 24.05.06 Системы управления летательными аппаратами.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ, МАТЕМАТИКА 6: ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА, ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ, ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА ЯЗЫКЕ ВЫСОКОГО УРОВНЯ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ, УПРАВЛЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ, НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — способен применять естественно-научные 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 при решении 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-8 — способен разрабатывать математические, имитационные и полунатурные модели робототехнических комплексов, объектов и подсистем вооружения и бортового оборудования летательных аппаратов, а также осуществлять синтез по критериям боевой и технико-экономической эффективности
- ОПК-9 — Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 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	Лабораторный практикум		ПСК-3 (24.05.05)	ПСК-3 (24.05.06)	ОПК-2 (24.05.05)	ОПК-2 (24.05.06)	ОПК-5 (24.05.05)	ОПК-5 (24.05.06)	ОПК-7 (24.05.05)	ОПК-7 (24.05.06)	ОПК-8 (24.05.05)	ОПК-8 (24.05.06)
4	7	Раздел 1. Принципы построения математических моделей летательных аппаратов, бортовых систем управления, моделей возмущений и внешнего окружения. 1.1 Структуры построения математических моделей летательных аппаратов (ЛА), бортовых систем управления (СУ), моделей возмущений и внешнего окружения. 1.2 Модели атмосферы. Модели внешних возмущений. Алгоритмы оценивания внешних возмущений.	24	10	6	4	14	15	15	12	15	16	9	15	14	15	14
4	7	Раздел 2. Основные законы и режимы наведения. 2.1 Классификация методов наведения. 2.2 Принципы построения управляющих сигналов в методах наведения. 2.3 Режимы наведения. 2.4 Формы записи уравнений законов наведения. 2.5 Принципы построения алгоритмов наведения. 2.6 Каналы СУ измерений параметров ЛА. 2.7 Законы наведения с ограничениями на вектор состояния.	30	16	12	4	14	35	37	33	35	37	38	35	28	35	28
4	7	Раздел 3. Алгоритмы оценивания в задачах наведения. 3.1 Алгоритмы оценивания параметров законов наведения, в том числе неизмеряемых. 3.2 Кинематический расчёт. 3.3 Метод наименьших квадратов. 3.4 Оптимальный фильтр Р. Калмана.	28	13	8	5	15	25	29	25	25	33	28	25	28	25	30
4	7	Раздел 4. Построение опорных траекторий для задач наведения. 4.1 Расчёт программной траектории ЛА большой дальности. 4.2 Расчёт дальности пассивного участка движения ЛА большой дальности. 4.3	26	12	8	4	14	25	19	30	25	14	25	25	30	25	28

		Управление дальностью полёта ЛА.														
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	100	100	100	100	100	100	100

3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Принципы построения математических моделей летательных аппаратов, бортовых систем управления, моделей возмущений и внешнего окружения.	Исследование динамики летательного аппарата в продольной плоскости с использованием нелинейной модели.	4
2	Раздел 2. Основные законы и режимы наведения.	Рассмотрение режимов наведения в вертикальной плоскости.	4
3	Раздел 3. Алгоритмы оценивания в задачах наведения.	Построение алгоритмов оценивания в задаче наведения на основе методов фильтрации.	5
4	Раздел 4. Построение опорных траекторий для задач наведения.	Реализация процесса наведения с использованием нелинейной модели.	4
Всего за 7 семестр			17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Принципы построения математических моделей летательных аппаратов, бортовых систем управления, моделей возмущений и внешнего окружения.	Повторение и осмысление сведений о структурах построения математических моделей летательных аппаратов (ЛА), бортовых систем управления (СУ), моделей возмущений и внешнего окружения. Изучение дополнительной литературы и стандартов, содержащих параметры моделей атмосферы, внешних возмущений. Изучение рекомендованной литературы по алгоритмам оценивания внешних возмущений. Отладка лабораторной работы по данному разделу.	14
2	Раздел 2. Основные законы и режимы наведения.	Повторение и осмысление теоретических сведений, проверка классификации рассмотренных методов наведения. Закрепление принципов построения управляющих сигналов в методах наведения. Ознакомление с дополнительной литературой по вопросам дифференциации режимов наведения. Ознакомление с формами записи уравнений законов наведения в различных отечественных и зарубежных публикациях с целью изучения принятых систем обозначений базовых параметров. Ознакомление с дополнительной литературой по вопросам построения каналов измерений параметров ЛА в СУ отечественных и зарубежных изделий-прототипов. Ознакомление с рекомендованной дополнительной литературой, содержащей описание законов наведения с ограничениями на вектор состояния. Отладка лабораторной работы по данному разделу.	14
3	Раздел 3. Алгоритмы оценивания в задачах наведения.	Ознакомление с рекомендуемой литературой по разделу с целью изучения принятых систем обозначений и форм записи алгоритмов оценивания параметров законов наведения, в том числе неизмеряемых. Воспроизведение кинематического расчёта и отладка в лабораторной работе по данному разделу. Отладка работы алгоритма метода наименьших квадратов или оптимального фильтра Р. Калмана в лабораторной работе.	15
4	Раздел 4. Построение опорных траекторий для задач наведения.	Подготовка к лабораторной работе по разделу. Повторение алгоритма расчёта программной траектории ЛА большой дальности. Повторение алгоритма расчёта дальности пассивного участка движения ЛА большой дальности. Реализация алгоритма управления дальностью полёта ЛА в процессе отладки лабораторной работы.	14
Всего за 7 семестр			57

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
7				ЛР		ДР		ЛР		ДР		ЛР				ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Александров. . Основы наведения ракет и специальных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, эл. рес.
2. А. А. Александров. . Основы наведения ракет и специальных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 46 экз.
3. А. А. Александров, В. Ю. Емельянов, А. Г. Юрескул. . Моделирование систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.
4. А. С. Шалыгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Баллистика космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.
5. А. С. Шалыгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Динамика и навигация космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
6. А. С. Шалыгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Баллистика космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, 65 экз.
7. А. С. Шалыгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Динамика и навигация космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, 169 экз.
8. В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы расчёта траектории летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
9. В. А. Санников, О. А. Толпегин. . Динамические свойства летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2000, 105 экз.
10. В. В. Лентовский, Т. Н. Князева, А. В. Герт. . Системы ориентации и наведения беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, эл. рес.
11. В. В. Лентовский, Т. Н. Князева, А. В. Герт. . Системы ориентации и наведения беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 72 экз.
12. Г. Н. Разорёнов, Э. А. Бахрамов, Ю. Ф. Титов. . Системы управления летательными аппаратами (баллистическими ракетами и их головными частями). М.: Машиностроение, 2003, 19 экз.
13. Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018, 100 экз.
14. Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018, эл. рес.
15. Л. Н. Лысенко. . Наведение и навигация баллистических ракет. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007, 30 экз.
16. Л. Н. Лысенко. . Наведение и навигация баллистических ракет. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007, эл. рес.
17. Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. . Баллистика и навигация космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016, 30 экз.
18. Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. Баллистика и навигация космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016, эл. рес.
19. О. А. Толпегин, В. М. Кашин, В. Г. Новиков. . Математические модели систем наведения ракет. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 50 экз.
20. О. А. Толпегин, В. М. Кашин, В. Г. Новиков. . Математические модели систем наведения ракет. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
21. Ю. М. Астапов, В. А. Велданов, С. А. Люшнин. . Системы наведения и управления высокоточных боеприпасов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019, эл. рес.
22. Ю. П. Савельев ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, Рос. акад. ракетно-артиллерийских наук, Европ. акад. информатизации. Лекции по уравнениям динамики полёта и внешней баллистики. Кн. 1 Уравнения. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003, 20 экз.
23. Ю. П. Савельев ; Рос. акад. ракетно-артиллерийских наук, Европ. акад. информатизации, БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Лекции по уравнениям динамики полёта и внешней баллистики. Кн. 2 Аналитические решения модельных уравнений. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, 22 экз.

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://structure.mil.ru/files/pz-90.pdf> — «ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛИ 1990 ГОДА» (ПЗ-90.11);
2. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41854397> — АЛГОРИТМ ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕГО ВОЗМУЩЕНИЯ Чечулина Н.Е. НАВИГАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ Материалы XXI конференции молодых ученых с международным участием. Под общей редакцией В. Г. Пешехонова. 2019;
3. <https://docs.cntd.ru/document/1200009362> — ГОСТ 20058-80 Динамика летательных аппаратов в атмосфере.;
4. <https://docs.cntd.ru/document/1200009601> — ГОСТ 24631-81 Атмосферы справочные. Параметры.;
5. <https://docs.cntd.ru/document/1200009588> — ГОСТ 4401-81 Атмосфера стандартная. Параметры.;
6. <https://www.hindawi.com/journals/ijae/2017/1380531/> — T. Wang, Sh. Tang, J. Guo, H. Zhang "Two-Phase Optimal Guidance Law considering Impact Angle Constraint with Bearings-Only Measurements", International Journal of Aerospace Engineering, volume 2017, Article ID 1380531.;
7. <https://new.fips.ru/> — СПОСОБ КОНЕЧНОГО ПРИВЕДЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В ПРОДОЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ НА ОСНОВЕ КВАЗИОПТИМАЛЬНОГО ЗАКОНА НАВЕДЕНИЯ;
8. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21149245> – О.А. Степанов Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Часть 1. Введение в теорию оценивания.

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. Scilab 6.0.2;
2. Code::Blocks;
3. Python 3.4;
4. Microsoft Windows;
5. 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. Лабораторные занятия:

1. Scilab 6.0.2;
2. Code::Blocks;
3. Python 3.4;
4. Microsoft Windows;
5. 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 **ОСНОВЫ НАВЕДЕНИЯ РАКЕТ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлениям: 24.05.05 Интегрированные системы летательных аппаратов, 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*:

ПСК-3 (24.05.05) способность определять состав и структуру комплексов бортового оборудования информационно-измерительной, навигационной и управляющей подсистем для авиационных комплексов различного назначения;

ПСК-3 (24.05.06) способность определять состав и структуру системы управления летательным аппаратом, выбирать способ управления полетом;

ОПК-2 (24.05.05) способность понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их при решении задач профессиональной деятельности;

ОПК-2 (24.05.06) способность понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их при решении задач профессиональной деятельности;

ОПК-5 (24.05.05) способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач;

ОПК-5 (24.05.06) способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач;

ОПК-7 (24.05.05) способен на основе анализа современного состояния и тенденций развития военной теории и практики организовывать разработку и разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов и их элементов, требования к условиям и тактике их боевого применения;

ОПК-7 (24.05.06) способность 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 (24.05.05) способен разрабатывать математические, имитационные и полунатурные модели робототехнических комплексов, объектов и подсистем вооружения и бортового оборудования летательных аппаратов, а также осуществлять синтез по критериям боевой и технико-экономической эффективности;

ОПК-8 (24.05.06) способность 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.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 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. Принципы построения математических моделей летательных аппаратов, бортовых систем управления, моделей возмущений и внешнего окружения.		
Повторение и осмысление сведений о структурах построения математических моделей летательных аппаратов (ЛА), бортовых систем управления (СУ), моделей возмущений и внешнего окружения. Изучение дополнительной литературы и стандартов, содержащих параметры моделей атмосферы, внешних возмущений. Изучение рекомендованной литературы по алгоритмам оценивания внешних возмущений. Отладка лабораторной работы по данному разделу.	А. А. Александров. . Основы наведения ракет и специальных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1) А. А. Александров. . Основы наведения ракет и специальных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1) В. А. Санников, О. А. Толпегин. . Динамические свойства летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2000 (все)	14
Итого по разделу 1		14
Раздел 2. Основные законы и режимы наведения.		
Повторение и осмысление теоретических сведений, проверка классификации рассмотренных методов наведения. Закрепление принципов построения управляющих сигналов в методах наведения. Ознакомление с дополнительной литературой по вопросам дифференциации режимов наведения. Ознакомление с формами записи уравнений законов наведения в различных отечественных и зарубежных публикациях с целью изучения принятых систем обозначений базовых параметров. Ознакомление с дополнительной литературой по вопросам построения каналов измерений параметров ЛА в СУ отечественных и зарубежных изделий-прототипов. Ознакомление с рекомендованной дополнительной литературой, содержащей описание законов наведения с ограничениями на вектор состояния. Отладка лабораторной работы по данному разделу.	А. А. Александров. . Основы наведения ракет и специальных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (2) В. В. Лентовский, Т. Н. Князева, А. В. Герт. . Системы ориентации и наведения беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (все) О. А. Толпегин, В. М. Кашин, В. Г. Новиков. . Математические модели систем наведения ракет: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (все) А. А. Александров. . Основы наведения ракет и специальных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (2) О. А. Толпегин, В. М. Кашин, В. Г. Новиков. . Математические модели систем наведения ракет: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (все) Ю. М. Астапов, В. А. Велданов, С. А. Люшнин. . Системы наведения и управления высокоточных боеприпасов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (все) В. В. Лентовский, Т. Н. Князева, А. В. Герт. . Системы ориентации и наведения беспилотных летательных	14

	аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (все) А. А. Александров, В. Ю. Емельянов, А. Г. Юрескул. . Моделирование систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1 - 5)	
Итого по разделу 2		14
Раздел 3. Алгоритмы оценивания в задачах наведения.		
Ознакомление с рекомендуемой литературой по разделу с целью изучения принятых систем обозначений и форм записи алгоритмов оценивания параметров законов наведения, в том числе неизмеряемых. Воспроизведение кинематического расчёта и отладка в лабораторной работы по данному разделу. Отладка работы алгоритма метода наименьших квадратов или оптимального фильтра Р. Калмана в лабораторной работе.	А. А. Александров. . Основы наведения ракет и специальных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (3) А. А. Александров. . Основы наведения ракет и специальных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (3)	15
Итого по разделу 3		15
Раздел 4. Построение опорных траекторий для задач наведения.		
Подготовка к лабораторной работе по разделу. Повторение алгоритма расчёта программной траектории ЛА большой дальности. Повторение алгоритма расчёта дальности пассивного участка движения ЛА большой дальности. Реализация алгоритма управление дальностью полёта ЛА в процессе отладки лабораторной работы.	Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (1 - 3) Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. . Баллистика и навигация космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (все) А. А. Александров. . Основы наведения ракет и специальных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (4, 6, 7) Л. Н. Лысенко. . Наведение и навигация баллистических ракет: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007 (все) А. С. Шальгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Динамика и навигация космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (все) Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (1 - 3) Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. . Баллистика и навигация космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016 (все) В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы расчёта траектории летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (2) А. А. Александров. . Основы наведения ракет и специальных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (4, 6, 7) А. С. Шальгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Баллистика космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (все) Ю. П. Савельев ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, Рос. акад. ракетно-артиллерийских наук, Европ. акад. информатизации. Лекции по уравнениям динамики полёта и внешней баллистики. Кн. 1 Уравнения: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф.	14

	<p>Устинова, 2003 (все) Ю. П. Савельев ; Рос. акад. ракетно-артиллерийских наук, Европ. акад. информатизации, БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Лекции по уравнениям динамики полёта и внешней баллистики. Кн. 2 Аналитические решения модельных уравнений: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (все) А. С. Шалыгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Динамика и навигация космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (все) Л. Н. Лысенко. . Наведение и навигация баллистических ракет: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007 (все) А. С. Шалыгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Баллистика космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (все) Г. Н. Разорёнов, Э. А. Бахрамов, Ю. Ф. Титов. . Системы управления летательными аппаратами (баллистическими ракетами и их головными частями): М.: Машиностроение, 2003 (все)</p>	
Итого по разделу 4		14

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену;
- 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.

Лабораторная работа

Выполнена работоспособная программа в соответствии с условиями варианта.

Продемонстрирована работающая программа.

Представлены результаты моделирования (графические материалы, снабжённые названиями и связями с исходными данными для моделирования, читаемые и хорошо различимые, значения результирующих параметров), полученные на самостоятельно отлаженной программе, имеющей чёткое структурное деление и выполняющей задачи, поставленные в работе.

Подготовлен отчёт о выполнении лабораторной работы с наличием выводов.

Более полно требования указаны в изданном лабораторном практикуме.

Вопросы к экзамену

Направляются каждому студенту.

Содержатся в УМК дисциплины.

Экзамен

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

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

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса.

Требования к ответу:

- полно, чётко и правильно раскрыто содержание вопросов в билете.
- ответ выполнен самостоятельно, при ответе использованы знания, приобретённые в курсе лекций и в рамках изучения предшествующих дисциплин.
- подтверждённые выполнением курса лабораторных работ твёрдые практические навыки.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %										НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПСК-3 (24.05.05)	ПСК-3 (24.05.06)	ОПК-2 (24.05.05)	ОПК-2 (24.05.06)	ОПК-5 (24.05.05)	ОПК-5 (24.05.06)	ОПК-7 (24.05.05)	ОПК-7 (24.05.06)	ОПК-8 (24.05.05)	ОПК-8 (24.05.06)	
4	7	Раздел 1. Принципы построения математических моделей летательных аппаратов, бортовых систем управления, моделей возмущений и внешнего окружения.	24	10	6	4	14	15	15	12	15	16	9	15	14	15	14	Лабораторная работа
4	7	Раздел 2. Основные законы и режимы наведения.	30	16	12	4	14	35	37	33	35	37	38	35	28	35	28	Лабораторная работа
4	7	Раздел 3. Алгоритмы оценивания в задачах наведения.	28	13	8	5	15	25	29	25	25	33	28	25	28	25	30	Лабораторная работа
4	7	Раздел 4. Построение опорных траекторий для задач наведения.	26	12	8	4	14	25	19	30	25	14	25	25	30	25	28	Лабораторная работа, Вопросы к экзамену
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	