

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Страхов С.Ю.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ НАВЕДЕНИЯ РАКЕТ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (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)

24.05.06 Системы управления летательными аппаратами

год набора группы: 2025

Программу составил:

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

\_\_\_\_\_

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

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

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

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

\_\_\_\_\_

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**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:

ПК-3 — Способен определять состав и структуру системы управления летательным аппаратом, выбирать способ управления полетом  
ОПК-7 — Способен на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением, а также создавать математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения

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

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### ПК-3

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-7

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

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 направлению 24.05.06 *Системы управления летательными аппаратами*.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **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 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-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач
- ОПК-8 — Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"
- ОПК-9 — Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
- ПК-5 — Способен разрабатывать алгоритмы и программное обеспечение для системы управления летательным аппаратом и математических моделей систем управления

### 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		ПК-3	ОПК-7	ОПК-8
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	25	12	16
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	24	33	37
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	26	25	33
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 Управление дальностью полёта ЛА.	26	12	8	4	14	25	30	14
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	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 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
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 работы 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, ЛР

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. Динамика и навигация космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, 169 экз.
5. А. С. Шалыгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. Баллистика космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, 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, эл. рес.
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, 72 экз.
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, эл. рес.
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. Наведение и навигация баллистических ракет. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007, 30 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, эл. рес.
16. Л. Н. Лысенко. Внешняя баллистика. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018, 100 экз.
17. Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. Баллистика и навигация космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016, эл. рес.
18. Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. Баллистика и навигация космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016, 30 экз.
19. О. А. Толпегин, В. М. Кашин, В. Г. Новиков. Математические модели систем наведения ракет. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
20. О. А. Толпегин, В. М. Кашин, В. Г. Новиков. Математические модели систем наведения ракет. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 50 экз.
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:

1. Автоматизация процессов управления;
2. Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук;
3. Моделирование и анализ информационных систем.

### 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](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 направлению 24.05.06 *Системы управления летательными аппаратами*. Дисциплина реализуется на факультете И Информационных и управляющих систем БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-3 Способен определять состав и структуру системы управления летательным аппаратом, выбирать способ управления полетом;  
ОПК-7 Способен на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением, а также создавать математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения;  
ОПК-8 Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)".

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с анализом и построением

- законов наведения, в том числе с ограничениями на вектор состояния;
- алгоритмов наведения, в том числе для различных типов летательных аппаратов и различного набора измерителей в составе бортовой аппаратуры;
- опорных траекторий для последующей реализации методов наведения;

а также ряд смежных вопросов, касающихся процессов моделирования динамики управления беспилотных летательных аппаратов, работы устройств и элементов бортовой аппаратуры, баллистических участков и пр.

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.
<b>Раздел 1. Принципы построения математических моделей летательных аппаратов, бортовых систем управления, моделей возмущений и внешнего окружения.</b>		
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.	В. А. Санников, О. А. Толпегин. . Динамические свойства летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2000 (все) 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)	14
Итого по разделу 1		14
<b>Раздел 2. Основные законы и режимы наведения.</b>		
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.	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. Люшин. . Системы наведения и управления высокоточных боеприпасов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 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) 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) 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) А. А. Александров, В. Ю. Емельянов, А. Г. Юрескул. . Моделирование систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1 - 5)	14
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.	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) Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (1 - 3) А. А. Александров. . Основы наведения ракет и специальных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (4, 6, 7) 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. 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) 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. 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) Г. Н. Разорёнов, Э. А. Бахрамов, Ю. Ф. Титов. . Системы управления летательными аппаратами (баллистическими ракетами и их головными частями): М.: Машиностроение, 2003 (все) А. С. Шалыгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Баллистика космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (все) А. А. Александров. . Основы наведения ракет и специальных аппаратов: СПб.БГТУ	14

	<p>"ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (4, 6, 7)</p> <p>А. С. Шалыгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Баллистика космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (все)</p> <p>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 (все)</p>	
Итого по разделу 4		14

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд 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

Для применения критериев оценивания должны быть

- 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.  
Детально критерии оценивания выполняемой студентами лабораторной работы изложены в технологической карте дисциплины.

#### Вопросы к экзамену

Направляются каждому студенту.

Содержатся в УМК дисциплины.

#### Экзамен

Допуск к экзамену оформляется студентам, планомерно и успешно освоившим содержание учебной дисциплины при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий и формами контроля освоения дисциплины.

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса.

Требования к ответу на "отлично":

- 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;
- продемонстрированы подтверждённые выполнением курса лабораторных работ твёрдые практические навыки.

Требования к ответу на "хорошо":

- ответ самостоятельный, раскрыто основное содержание материала;
- материал изложен неполно, при ответе допущены неточности, нарушена последовательность изложения;
- практические навыки нетвёрдые.

Требования к ответу на "удовлетворительно":

- нецелостное, фрагментарное изложение материала;
- допущены ошибки при промежуточных математических выкладках и выводах;
- неумение использовать знания, полученные в рамках изучения предшествующих дисциплин;
- практические навыки слабые.

Паспорт фонда оценочных средств

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		ПК-3	ОПК-7	ОПК-8	
4	7	Раздел 1. Принципы построения математических моделей летательных аппаратов, бортовых систем управления, моделей возмущений и внешнего окружения.	24	10	6	4	14	25	12	16	Лабораторная работа
4	7	Раздел 2. Основные законы и режимы наведения.	30	16	12	4	14	24	33	37	Лабораторная работа
4	7	Раздел 3. Алгоритмы оценивания в задачах наведения.	28	13	8	5	15	26	25	33	Лабораторная работа
4	7	Раздел 4. Построение опорных траекторий для задач наведения.	26	12	8	4	14	25	30	14	Лабораторная работа, Вопросы к экзамену
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	100	



**Оценочные материалы по дисциплине ОСНОВЫ НАВЕДЕНИЯ РАКЕТ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

**ПК-3 - Способен определять состав и структуру системы управления летательным аппаратом, выбирать способ управления полетом**

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Запишите уравнение сигнала отклонения руля высоты

$$\sigma_{\text{в}}$$

БПЛА при наличии в системе управления значения программного угла тангажа

$$\vartheta_{\text{упр}}$$

и при поступлении угла тангажа

$$\vartheta_{\text{изм}}$$

, измеренного навигационной системой.

- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Может ли размерность матрицы оценок вектора состояний навигационного фильтра (ОФК) превосходить размерность вектора измерений?
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие  
Расположите понятия задачи фильтрации для случая формирования  $z$  в виде аддитивного объединения сигнала  $x$  и помехи  $r$  в соответствии с их формализованными представлениями:

1.  $z(t) = x(t) + r(t)$
2. Выделение  $x(t)$
3. Выделение  $x(t - T)$
4. Выделение  $x(t + T)$

- А. Выделение шума
- Б. Сглаживание
- В. Выделение суммарного сигнала
- Г. Наблюдение
- Д. Фильтрация
- Е. Экстраполирование

- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие  
Укажите значения/диапазоны величины навигационной постоянной для двухточечных методов ориентации вектора скорости:

1. «1»
2. «2»
3. «от 2 до 5»
4. «3 5»

- А. Метод пропорциональной навигации
- Б. Метод совмещения
- В. Метод прямого наведения
- Г. Метод погони
- Д. Наведение с постоянным углом упреждения
- Е. Метод параллельного сближения
- Ж. Наведение с постоянным углом пеленга цели

- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность  
Участки нужные участки движения на программной траектории двухступенчатой БР или Р-Н, характеризующиеся изменением величины угла атаки, в правильной последовательности
- 1) вертикальный участок

- 2) участок разворота
  - 3) участок "наведения"
  - 4) переходный участок
  - 5) участок "завала"
  - 6) участок рикошетирувания
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность  
Запишите названия участков движения на программной траектории одноступенчатой БР или Р-Н, характеризующихся величиной угла атаки, в порядке последовательного прохождения в процессе полёта:
1. Вертикальный участок
  2. Участок завала
  3. Участок «наведения»
  4. Участок разворота
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Наиболее достоверной характеристикой точности наведения при различных видах моделирования является величина ...
- 1) Мгновенного промаха
  - 2) Фактического промаха
  - 3) Начальной относительной дальности
  - 4) Нет правильного ответа
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Движение летательного аппарата на пассивном заатмосферном участке траектории происходит под действием ...
- 1) Силы тяжести
  - 2) Подъёмной силы
  - 3) Силы тяги
  - 4) Силы лобового сопротивления
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Перечислите параметры, от которых в условиях допущения эллиптической теории зависит вид траектории летательного аппарата:
- 1) от массы летательного аппарата
  - 2) от скорости
  - 3) от угла наклона траектории в конце активного участка
  - 4) от расстояния до притягивающего центра
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Дальность пассивного участка движения (или его части) летательного аппарата большой дальности следует определять с помощью использования математического аппарата ...
- 1) "эллиптической теории"
  - 2) "параболической теории"
  - 3) "параболической программы"
  - 4) нет правильного ответа
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Отметьте способы, способные привести к повышению точности расчёта значения промаха при математическом моделировании задачи наведения:
- 1) Повышение частоты расчёта математических моделей
  - 2) Интерполяция между точками траектории, ближайшими к минимальному зафиксированному кинематическому отклонению
  - 3) Учёт формы и габаритов управляемого объекта и условной цели
  - 4) Повышение точности измерений моделями бортовых датчиков
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Закон наведения может строиться с использованием рассчитанного или измеренного управляющего сигнала:
- 1) угла наклона линии визирования цели.
  - 2) угловой скорости вращения линии визирования цели.
  - 3) потребных значений перегрузок объекта управления.
  - 4) величины тяги двигателя объекта управления.

**ОПК-7 - Способен на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением, а также создавать**

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Укажите наиболее распространенные методы упрощения уравнений пространственного движения ЛА при моделировании и исследовании динамики управления системы.

№ 2 Прочитайте текст и установите соответствие

Найти соответствия между кинематическими соотношениями, характеризующими двухточечные законы наведения при нулевом угле наклона траектории цели и её постоянной скорости, ЛА с двигателем постоянной тяги, и их названиями:

1. Метод погони.
2. Метод наведения с постоянным углом упреждения.
3. Метод параллельного сближения
4. Пропорциональное сближение.

А.  $\frac{d\varepsilon_{Ц}}{dt} = \frac{-V_{Ц} \cdot \sin \varepsilon_{Ц}}{r}$  ,

Б.  $V_{Ц} \cdot \sin \varepsilon_{Ц} = V \cdot \sin \varphi_{Ц}$  ,

В.  $\frac{d\varepsilon_{Ц}}{dt} = \frac{-V_{Ц} \cdot \sin \varepsilon_{Ц} + V \cdot \sin \varphi_{Ц}}{r}$  ,

Г.  $\frac{d\varepsilon_{Ц}}{dt} = \frac{-V_{Ц} \cdot \sin \varepsilon_{Ц} + V \cdot \sin(\varepsilon_{Ц} - \Theta)}{r}$  ,

где  $V$  – скорость ЛА,

$V_{Ц}$  – скорость цели,

$\Theta$  – угол наклона вектора скорости ЛА,

$\varepsilon_{Ц}$  – угол наклона линии визирования цели,

$\varphi_{Ц}$  – угол упреждения.

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Найти соответствия между описаниями реализации двухточечных законов наведения, реализуемых в вертикальной плоскости, и их названиями:

1. Пропорциональное сближение.
2. «Погоня».
3. Прямое наведение.
4. Способ наведения в мгновенную точку встречи, или «параллельное сближение».

А. Способ наведения, при котором выполняется равенство углов наклона линии визирования цели и наклона траектории летательного аппарата.

Б. Способ наведения, при котором угол тангажа летательного аппарата и угол наклона линии визирования наблюдаемой точки равны.

В. Способ наведения, при котором угловая скорость вращения линии визирования наблюдаемой точки равна нулю.

- Г. Способ наведения, при котором угловая скорость поворота вектора скорости летательного аппарата пропорциональна угловой скорости вращения линии визирования цели.
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
На минимизации какого типа критерия основан метод наименьших квадратов?
- 1) Не связан с минимизацией критерия какого-либо вида
  - 2) Квадрат оцениваемой величины
  - 3) Обобщённое значение величин квадратов невязок измерений
  - 4) Значение фактического промаха
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Каким образом должны быть организованы структуры хранения обрабатываемых данных при реализации одной из разновидностей алгоритма МЛА?
- 1) Стек
  - 2) Очередь
  - 3) Стек с обработкой ошибок
  - 4) Дек
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Процедура выделения полезной составляющей сигнала из "зашумлённого" сигнала при общей постановке задачи называется ...
- 1) Сглаживанием
  - 2) Оцениванием
  - 3) Фильтрацией
  - 4) Экстраполированием
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие два этапа представляет собой расчёт алгоритма ОФК?
- 1) коррекция матрицы оценок вектора состояний
  - 2) экстраполяция априорных оценок вектора состояний и вектора ошибок оценивания на следующий шаг
  - 3) коррекция априорной оценки вектора состояния
  - 4) экстраполяция оценок вектора состояний и вектора ошибок оценивания на следующий шаг
  - 5) экстраполяция оценок вектора состояний и вектора ковариаций ошибок оценивания на следующий шаг
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
При определении географических координат точки окончания эллиптического участка движения ЛА учитываются ...
- 1) вращение Земли
  - 2) параметры атмосферы
  - 3) параметры конца активного участка
  - 4) геодезические координаты точки старта
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Выберите основные допущения эллиптической теории:
- 1) сопротивлением атмосферы пренебрегают
  - 2) учитывается "кривизна" Земли
  - 3) учитывается суточное вращение Земли
  - 4) учитывается орбитальное вращение Земли
- № 10 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Для случая представления наблюдений  $z$  в виде аддитивного объединения сигнала  $x$  и помехи  $r$  задачей фильтрации является ...
- № 11 Прочитайте текст и установите последовательность  
Расположите некоторые из нижеприведённых этапов для формирования алгоритма наведения по показаниям бортового визирующего устройства
- 1) Программное движение
  - 2) Сигнальное наведение
  - 3) Разворот на объект наведения
  - 4) Инерциальное наведение
- № 12 Прочитайте текст и установите последовательность  
Расположите некоторые из нижеприведённых этапов для формирования алгоритма наведения по показаниям автономной бортовой навигационной системы
- 1) Программное движение
  - 2) Сигнальное наведение

3) Разворот на объект наведения

4) Инерциальное наведение

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

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

Сопоставьте левые и правые части системы дифференциальных уравнений, описывающих продольное движение ЛА как твёрдого тела

$$1. \dots = \frac{P \cos \alpha}{m} - (C_{xa0} + A \alpha^2) \frac{qS}{m} - g \sin \theta,$$

$$2. \dots = \frac{P \sin \alpha}{mV} + \frac{C_{ya}^{\alpha} qS \alpha}{mV} - \frac{g \cos \theta}{V},$$

$$3. \dots = \left( m_z^{\alpha} \alpha + m_z^{\omega_z} \frac{L}{V} \omega_z + m_z^{\delta_B} \delta_B \right) \frac{qSL}{I_z},$$

$$4. \dots = \omega_z;$$

$$A. \frac{d\theta}{dt} = \dots,$$

$$Б. \frac{dV}{dt} = \dots,$$

$$B. \frac{d\theta}{dt} = \dots,$$

$$Г. \frac{d\omega_z}{dt} = \dots,$$

где  $V$  – скорость центра масс ЛА,

$\Theta$  – угол наклона траектории к горизонту,

$\omega_z$  – угловая скорость ЛА относительно поперечной оси,

$\vartheta$  – угол тангажа.

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Для обеспечения движения ЛА на постоянной высоте значение нормальной перегрузки должно составить величину ...

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Какое обозначение имеет абсолютная воздушная скорость БпЛА согласно ГОСТ 20058?

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

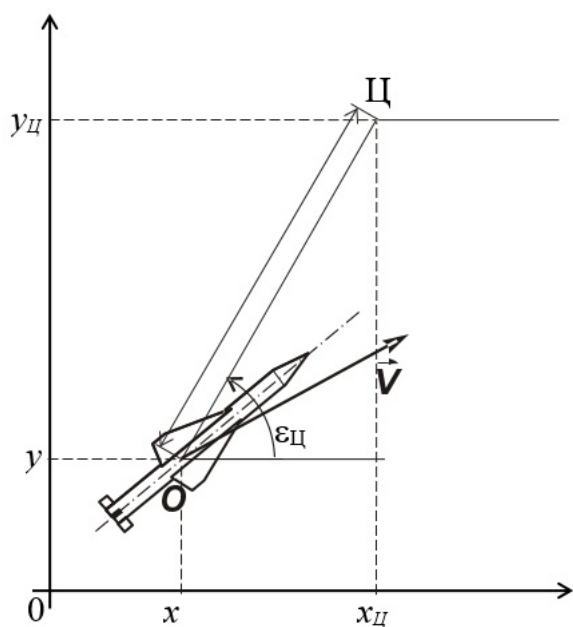
Проведите соответствие между названиями и картинками со схематическими изображениями угловых величин, используемых для реализации наведения в продольной плоскости:

1. Угол наклона линии визирования цели.

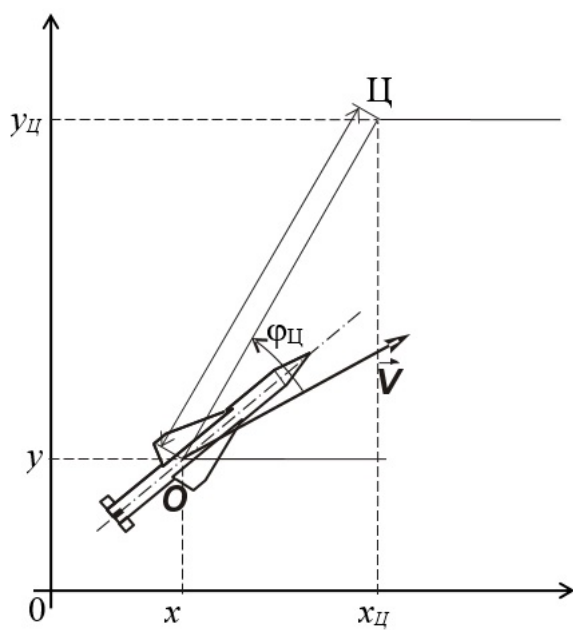
2. Угол упреждения.

3. Угол пеленга цели.

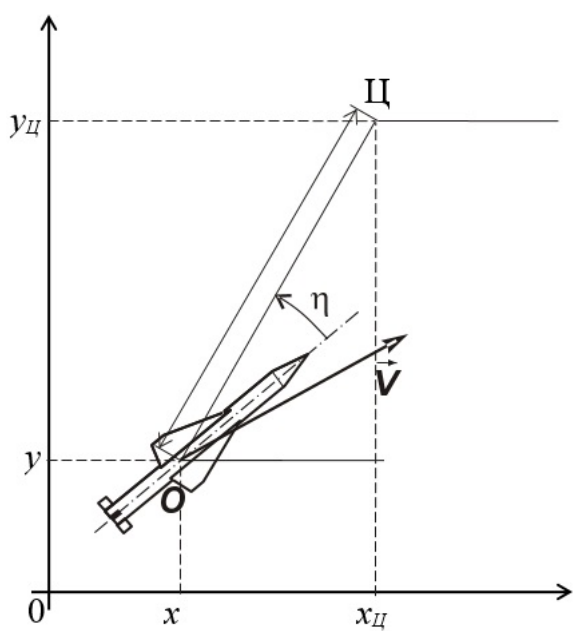
A.



Б.



В.



№ 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Выберите метод (методы) оценивания, аналитическим развитием которого (которых) является ОФК:

- 1) фильтр С. Баттерворта
- 2) метод наименьших квадратов
- 3) фильтр Н. Винера
- 4) фильтр Ф. Бесселя

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
От каких из перечисленных величин зависит скоростной напор при движении ЛА?

- 1) от скорости звука
- 2) от скорости полёта
- 3) от плотности среды
- 4) не имеет зависимости от параметров движения ЛА, является константой

№ 7 Прочитайте текст и установите последовательность

Составьте последовательность вычислений уравнений фильтра Р. Калмана, традиционно состоящую в коррекции априорной оценки  $\tilde{x}_k$  получ оценок вектора состояний  $\hat{x}_k$  и ошибок оценивания  $R_k$  на следующий шаг:

$$\tilde{x}_{k+1} = A_k \cdot \hat{x}_k + G_k \cdot \tilde{\xi}_{x,k}, \quad (1)$$

$$P_{k+1} = A_k \cdot R_k \cdot A_k^T + G_k \cdot B_{x,k} \cdot G_k^T, \quad (2)$$

$$K_k = P_k \cdot H_k^T \cdot (H_k \cdot P_k \cdot H_k^T + B_{z,k})^{-1}, \quad (3)$$

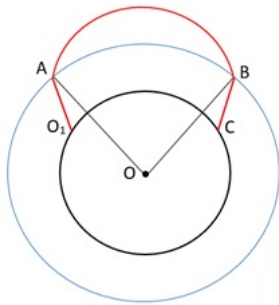
$$R_k = P_k - K_k \cdot H_k \cdot P_k, \quad (4)$$

$$\hat{x}_k = \tilde{x}_k + R_k \cdot H_k^T \cdot B_{z,k}^{-1} \cdot (z_k - H_k \cdot \tilde{x}_k), \quad (5)$$

№ 8 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите участки движения БР по порядку:

1. Движение в атмосфере
2. Программное движение на активном участке
3. Баллистический участок



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

**Выберите обозначение скорости БПЛА в одной из земных систем в обозначениях согласно ГОСТ 20058:**

- 1) V
- 2) V<sub>g</sub>
- 3) V<sub>K</sub>
- 4) V<sub>(g)K</sub>
- 5) V<sub>гк</sub>

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

Воздушная скорость БПЛА стандартно в ГОСТ 20058 обозначается ...

- 1)  $V$
- 2)  $V_g$
- 3)  $V_B$
- 4)  $V_K$
- 5)  $V_{(B)}$

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

При математическом моделировании для оценки качества сглаживания алгоритмом ОФК проводится анализ внутренних параметров фильтра:

- 1) длительности моделирования
- 2) наличия установившихся значений диагональных элементов матрицы наблюдаемой системы
- 3) попадания в диапазон  $3 \times s$  "ошибки" между оценкой фильтра и кинематическим расчётом
- 4) наличия установившихся значений "внутренних" дисперсий фильтр

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

Выберите обозначение угла атаки БПЛА в "воздушной" системе координат согласно ГОСТ 20058:

- $\alpha$
- $\alpha_g$
- $\alpha_K$
- $\alpha_{(g)K}$
- $\alpha_{gk}$
- $\alpha_B$