

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

Кафедра «Динамика и управление полетом летательных аппаратов» (А5)
(наименование)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова

А.В. Суслин

2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов

**Специальность: 2.5.16 «Динамика, баллистика, управление движением
летательных аппаратов»**

Санкт-Петербург
2026 г.

1. Цель изучения дисциплины:

- формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний о новейших методах исследования в области динамики и управления полетом беспилотных летательных аппаратов различных классов.

2. Задачи дисциплины:

- сформировать у аспирантов представление о новейших направлениях развития методов исследования в области динамики и управления полетом беспилотных летательных аппаратов различных классов;
- изучить теоретические основы и методы исследования динамики движения и управления полетом беспилотных летательных аппаратов различных классов;
- изучить особенности движения, методы расчета траекторий и современные системы управления ракет и космических аппаратов, их баллистическо-навигационное обеспечение управления полетом;
- подготовить аспирантов к применению полученных знаний при выполнении диссертационных исследований.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы аспирантуры

Курс ориентирован на аспирантов с уже сформированными компетенциями в сфере динамики полёта беспилотных летательных аппаратов, статистической динамики беспилотных летательных аппаратов различных классов, систем управления ракет и космических аппаратов в объеме программы высшего профессионального образования.

4. Требования к результатам освоения дисциплины

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих **профессиональных компетенций**:

- способность собирать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области ракетно-космической техники и технологии (ПК-1);
- способность и готовность разрабатывать математические модели, описывающие процессы, происходящие в разрабатываемых ракетно-космических комплексах, выбирать методы их решений и анализировать полученные результаты (ПК-5).

В результате изучения дисциплины «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов» аспирант должен:

Иметь представление: о новейших направлениях развития методов исследования в области динамики и управления полетом беспилотных летательных аппаратов различных классов и различного целевого назначения.

Знать: теоретические основы и методы составления математических моделей для расчета траекторий движения, методы управления и исследования динамики современных систем управления ракет и космических аппаратов, их баллистическо-навигационное обеспечение управления полетом.

Уметь: применять изученные методы при выполнении диссертационных исследований и видеть перспективу их применения при разработке новейших систем автоматического управления беспилотных летательных аппаратов различных классов и различного целевого назначения.

5. Объем и вид учебной работы

Виды учебной работы	Трудоемкость (часы)		Семестры (указание часов по семестрам)
Аудиторные занятия (всего)	2		2(2)
В том числе:			
Лекции	2		2(2)
Практические занятия	0		
Самостоятельная работа (всего)	106		106(2)
Формы аттестации по дисциплине (зачет, экзамен)	экзамен		2
Общая трудоемкость дисциплины	Часы	ЗЕТ	
	108	3	

6. Содержание дисциплины

6.1. Содержание разделов дисциплины

Разделы	Основное содержание раздела
1	Основные направления исследования в области динамики и управления полетом беспилотных летательных аппаратов различных классов и различного целевого назначения.
2	Особенности динамики движения беспилотных летательных аппаратов различных классов и различного целевого назначения.
3	Методы расчета траекторий.
4	Особенности систем управления беспилотных летательных аппаратов различных классов.
5	Баллистическо-навигационное обеспечение управления полетом беспилотных летательных аппаратов различных классов
6	Оценка точности полета беспилотных летательных аппаратов различных классов и различного целевого назначения.

6.2 Контролируемые учебные элементы

Разделы дисциплины	Знать	Уметь	Владеть
1	Основные направления исследования в области динамики и управления полетом беспилотных летательных аппаратов различных классов и различного целевого назначения.		
2			Особенности динамики движения беспилотных летательных аппаратов различных классов.
3		Методы расчета траекторий.	
4		Особенности систем управления беспилотных летательных аппаратов различных классов.	
5			Баллистическо-навигационное обеспечение управления полетом беспилотных летательных аппаратов различных классов.
6		Оценка точности полета беспилотных летательных аппаратов различных классов и различного целевого назначения.	

6.3. Разделы дисциплины и виды занятий

№ дисциплинарного модуля/раздела	Часы по видам занятий			Всего:
	Лекции	Практич. занятия	Сам. работа	
1.	2	0	12	14
2	0	0	20	20
3	0	0	20	20
4	0	0	15	15
5	0	0	15	15
6	0	0	24	24
ИТОГО	2	0	106	108

7. Ресурсное обеспечение.

Для работы над диссертацией используются специализированные лаборатории и установки предприятий, сотрудники которых обучаются в Вузе.

7.1. Образовательные технологии.

Учебный процесс организован как самостоятельное освоение материалов курса, дополняемое консультациями преподавательского состава при наличии соответствующих запросов от обучающихся.

7.2. Материально-техническое оснащение.

Диссертационные исследования проводятся с опорой на материально-техническую и лабораторную базу профильных предприятий.

7.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Лицензионное программное обеспечение в процессе обучения не используется.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Основная литература

№	Автор	Наименование	Издательство	Год
---	-------	--------------	--------------	-----

п/п				издания
1	Кашин В.М., Лифиц А.Л.	Методологические основы проектирования переносных зенитных ракетных комплексов.	М.: Наука	2013
2	Шалыгин А.С., Лысенко Л.Н., Толпегин О.А.	Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов.	М.: Машиностроение	2012
3	Толпегин О.А.	Дифференциально-игровые методы управления беспилотными летательными аппаратами.	СПб.: Изд-во БГТУ	2009
4	Толпегин О.А.	Области достижимости летательных аппаратов.	СПб.: Изд-во БГТУ	2013

8.2. Дополнительная литература

№ пп	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
1	Толпегин О.А.	Методы адаптивного управления летательными аппаратами. Тексты лекций.	СПб.: Изд-во БГТУ	2014
2	Толпегин О.А.	Методы решения прикладных задач управления в игровой постановке.	СПб.: Изд-во БГТУ	2007
3	Панов В.В., Горчица Г.И., Балыко Ю.П. и др.	Формирование рационального облика перспективных авиационных ракетных систем и комплексов.	М.:Машиностроение	2010

9. Аттестация по дисциплине.

Форма аттестации – экзамен.

10. Фонды оценочных средств по дисциплине.

Фонды оценочных средств прилагаются.

Полный состав УМК дисциплины включает:

- ФГТ;
- Рабочую программу дисциплины (РПД), одобренную соответствующей методической комиссией по специальности, утвержденной проректором по образовательной деятельности, подпись которого заверена печатью Учебно-методического управления.
- Тематический календарный план лекций на текущий учебный год (семестр);
- Методические рекомендации к самостоятельной работе обучающегося;
- Методические рекомендации по выполнению научно-исследовательской работы обучающегося (НИРС) и другое сопровождение учебного процесса по дисциплине.
- Информацию о всех видах и сроках аттестационных мероприятий по дисциплине.

- Программу подготовки к промежуточной аттестации по дисциплине (перечень вопросов к зачету).

- Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическую работу;
- тест;
- 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.

Тест

Тест включает в себя от 5 до 10 вопросов по материалам соответствующего раздела дисциплины. Прохождение теста считается успешным при правильном ответе не менее чем на 60% вопросов. Комплект типовых тестовых вопросов включён в состав УМК дисциплины.

Экзамен

Итоговый контроль по дисциплине проходит в форме экзамена. Обучающийся получает оценку "УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО", "ХОРОШО", "ОТЛИЧНО" при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий, т.е. при сдаче всех тестов на положительную оценку.

Оценочные материалы по дисциплине **ДИНАМИКА, БАЛЛИСТИКА, УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Тип вопроса	Уровень сложности
Задание открытого типа с развернутым ответом	Базовый - 0
	Повышенный - 1
	Высокий - 3
Задание закрытого типа на установление соответствия	Базовый - 0
	Повышенный - 2
	Высокий - 0
Задание закрытого типа на установление последовательности	Базовый - 0
	Повышенный - 1
	Высокий - 1
Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответов из четырех предложенных и обоснованием выбора	Базовый - 3
	Повышенный - 0
	Высокий - 0
Задание комбинированного типа с выбором нескольких верных ответов из четырех предложенных и обоснованием выбора	Базовый - 3
	Повышенный - 0
	Высокий - 0

№ 1	Тип вопроса	Задание открытого типа с развернутым ответом
	Уровень сложности	Высокий
	Инструкция по выполнению задания	Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ.
	Текст задания	Активный участок траектории баллистической ракеты большой дальности может быть разбит на какие участки?
	Ответ	Вертикальный участок угол тангажа равен 90 градусов. Криволинейный участок угол тангажа меняется от 90 градусов до заданного значения, соответствующего заданной дальности полета. Прямолинейный участок угол тангажа равен заданному значению и не меняется.
	Время ответа	10 минут
№ 2	Тип вопроса	Задание открытого типа с развернутым ответом
	Уровень сложности	Высокий

	<i>Инструкция по выполнению задания</i>	Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ.
	<i>Текст задания</i>	Чему равна тангенциальная перегрузка при замедленном полете?
	<i>Ответ</i>	Перегрузка при ускоренном полете меньше чем синус угла возвышения. Данное утверждение получается из формулы для тангенциальной перегрузки. Так как при равномерном полете тангенциальная перегрузка равна синус угла возвышения, то при замедленном полете будет меньше этой величины.
	<i>Время ответа</i>	10 минут
№ 3	<i>Тип вопроса</i>	Задание открытого типа с развернутым ответом
	<i>Уровень сложности</i>	Повышенный
	<i>Инструкция по выполнению задания</i>	Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ.
	<i>Текст задания</i>	Какие ограничения и почему накладываются на угол атаки при прохождении ЛА участка траектории в области трансзвуковых скоростей?
	<i>Ответ</i>	Угол атаки должен быть близок к 0, что объясняется тем фактом, что при $M=1$ коэффициенты C_x и C_y претерпевают скачек, который приводит к изменению динамики ЛА
	<i>Время ответа</i>	2 минуты
№ 4	<i>Тип вопроса</i>	Задание открытого типа с развернутым ответом
	<i>Уровень сложности</i>	Высокий
	<i>Инструкция по выполнению задания</i>	Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ.
	<i>Текст задания</i>	Перечислите орбиты конического сечения бывают в зависимости от величины эксцентриситета
	<i>Ответ</i>	$e=0$ круговые $e=1$ параболические

		$e < 1$ эллиптические						
		$e > 1$ гиперболические						
	Время ответа	2 минуты						
№ 5	Тип вопроса	Задание закрытого типа на установление соответствия						
	Уровень сложности	Повышенный						
	Инструкция по выполнению задания	Прочитайте текст и установите соответствие.						
	Текст задания	Соотнесите направление и соответствующую координатную ось 1. Ось ОХ связанной системы координат 2. Ось ОХа скоростной системы координат 3. Ось ОХс стартовой системы координат а. направлена по оси летательного аппарата б. направлена по направлению стрельбы с. направлена по вектору скорости						
	Ответ	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>a</td><td>c</td><td>b</td></tr></table>	1	2	3	a	c	b
	1	2	3					
a	c	b						
Время ответа	3 минуты							
№ 6	Тип вопроса	Задание закрытого типа на установление соответствия						
	Уровень сложности	Повышенный						

	Инструкция по выполнению задания	Прочитайте текст и установите соответствие								
	Текст задания	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 а. угол рыскания, тангажа, крена б. угол курса, возвышения, скоростной угол крена с. угол атаки, скольжения								
	Ответ	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>а</td><td>б</td><td>с</td></tr></table>	1	2	3	а	б	с		
	1	2	3							
а	б	с								
Время ответа	4 минуты									
№ 7	Тип вопроса	Задание закрытого типа на установление последовательности								
	Уровень сложности	Повышенный								
	Инструкция по выполнению задания	Прочитайте текст и установите последовательность.								
	Текст задания	Укажите последовательность перехода из стартовой системы координат в скоростную 1. поворот вокруг оси OZ^* на угол возвышения								

		2. поворот вокруг оси оуc на угол курса
		3. поворот вокруг оси оха на скоростной угол крена
	Ответ	213
	Время ответа	5 минут
№ 8	Тип вопроса	Задание закрытого типа на установление последовательности
	Уровень сложности	Высокий
	Инструкция по выполнению задания	Прочитайте текст и установите последовательность.
	Текст задания	<p>Установите последовательность участков, из которых состоит программная траектория одноступенчатой баллистической ракеты на активном участке</p> <p>1. участок "разворота"</p> <p>2. вертикальный участок</p> <p>3. участок "наведения"</p> <p>4. участок "завала"</p>
	Ответ	2413
	Время ответа	10 минут
№ 9	Тип вопроса	Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора
	Уровень сложности	Базовый

	<i>Инструкция по выполнению задания</i>	Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.
	<i>Текст задания</i>	<p>Через какие углы связаны между собой связанная и стартовая системы координат?</p> <p>a. углы нутации, ротации и прецессии</p> <p>b. углы атаки и скольжения</p> <p>c. углы курса, возвышения и крена</p> <p>d. углы тангажа, рыскания и крена</p> <p>e. углы атаки, скольжения, скоростной угол крена</p>
	<i>Ответ</i>	<p>d</p> <p>Обоснование: согласно принятому переходу от стартовой системы координат к связанной можно перейти с помощью трех поворотов на три угла, первый поворот осуществляется на угол рыскания, второй поворот на угол тангажа, третий поворот на угол крена.</p>
	<i>Время ответа</i>	3 минуты
№ 10	<i>Тип вопроса</i>	Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора
	<i>Уровень сложности</i>	Базовый
	<i>Инструкция по выполнению задания</i>	Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.
	<i>Текст задания</i>	<p>Укажите верную связь между матрицами направляющих косинусов</p> <p>a. $A=B(C^T)$</p>

		<p>b. $B=A(C^T)$</p> <p>c. $C=AB$</p> <p>d. $A=CB$</p> <p>e. $B=(A^T)C$</p>
	Ответ	<p>b</p> <p>Обоснование: согласно основному геометрическому соотношению связи между матрицами направляющих косинусов</p>
	Время ответа	3 минуты
№ 11	Тип вопроса	Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора
	Уровень сложности	Базовый
	Инструкция по выполнению задания	Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.
	Текст задания	<p>Какие координатные оси лежат в горизонтальной плоскости?</p> <p>1. Ось OZ^* полускоростной системы координат</p> <p>2. Ось OZe полусвязанной системы координат</p> <p>3. Ось OZa скоростной системы координат</p> <p>4. Ось OXc стартовой системы координат</p>
	Ответ	<p>1,2,4.</p> <p>Обоснование: согласно определению стартовой, скоростной,</p>

		связанной, полусвязанной, полускоростной систем координат.
	<i>Время ответа</i>	2 минуты
№ 12	<i>Тип вопроса</i>	Задание комбинированного типа с выбором нескольких верных ответов из четырех предложенных и обоснованием выбора
	<i>Уровень сложности</i>	Базовый
	<i>Инструкция по выполнению задания</i>	Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.
	<i>Текст задания</i>	<p>При каких допущениях справедливо упрощенное выражение для определения угла крена:</p> <p>a. угол возвышения равен нулю</p> <p>b. угол возвышения равен 90</p> <p>c. угол атаки, скольжения, крена - малые углы</p> <p>d. угол тангажа равен углу возвышения</p>
	<i>Ответ</i>	<p>a, c</p> <p>Обоснование: упрощенное выражение для угла крена выбирается при горизонтальном полете, значит угол возвышения равен нулю, и допущению, что угол атаки, скольжения, крена - малые углы.</p>
	<i>Время ответа</i>	2 минуты
№ 13	<i>Тип вопроса</i>	Задание комбинированного типа с выбором нескольких верных ответов из четырех предложенных и обоснованием выбора
	<i>Уровень сложности</i>	Базовый
	<i>Инструкция по выполнению задания</i>	Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.

	<i>Текст задания</i>	Какой метод наведения не относится к методам телеуправления 1. метод параллельного сближения 2. метод полного спрямления 3. метод «накрытия» цели 4. метод пропорционального сближения
	<i>Ответ</i>	1, 4 Обоснование: метод параллельного сближения и метод пропорционального сближения относятся к методам самонаведения.
	<i>Время ответа</i>	2 минуты
№ 14	<i>Тип вопроса</i>	Задание комбинированного типа с выбором нескольких верных ответов из четырех предложенных и обоснованием выбора
	<i>Уровень сложности</i>	Базовый
	<i>Инструкция по выполнению задания</i>	Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.
	<i>Текст задания</i>	Как направлен вектор Лапласа? 1. перпендикулярно плоскости орбиты 2. в апоцентр орбиты 3. в перицентр орбиты 4. по направлению к притягивающему центру
	<i>Ответ</i>	3. Обоснование: согласно определению вектора Лапласа.
	<i>Время ответа</i>	2 минуты

