

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Ю.Н. Рыжих

Оценочные материалы по дисциплине

**Динамика управляемого полета**

по направлению подготовки

**15.03.06 Мехатроника и робототехника**

Направленность (профиль) подготовки:  
**Промышленная и специальная робототехника**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Инженер, инженер-разработчик**

Год приема

**2025**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Е.И. Борзенко

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2025

## **1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-5 Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности

ОПК-6 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, аргументировано защищать результаты выполненной работы

ОПК-7 Способен нести ответственность за принятие решений по части или всем сложным видам инженерной деятельности

ОПК-8 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач

ПК-2 Способность разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования

ПК-3 Способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-5.1 Знает методику учета современных тенденций развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности

РООПК-5.2 Умеет учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности

РООПК-6.1 Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, способы обработки и представления данных, системы стандартизации и сертификации

РООПК-6.2 Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования

РООПК-7.1 Знает оценки эффективности результатов профессиональной деятельности

РООПК-7.2 Умеет выбирать средства и технологии, в том числе с учетом последствий их применения в профессиональной сфере, определять приоритеты профессиональной деятельности и способы ее совершенствования

РООПК-8.1 Знает методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации

РООПК-8.2 Умеет решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации

РОПК 2.1 Знает алгоритмические языки программирования

РОПК 2.2 Умеет разрабатывать программное обеспечение для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования.

РОПК 3.1 Знает основы математического моделирования мехатронных и робототехнических систем.

РОПК 3.2 Умеет использовать стандартные пакеты прикладных программ для выполнения математического моделирования.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

### **2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания**

Элементы текущего контроля:

– устный опрос;

Устный опрос в конце каждой изученной темы (РОБК-1.1, РОБК-1.2, РООПК-8.1, РООПК-8.2, РОПК-2.1, РОПК-2.2, РОПК-3.1, РОПК-3.2)

Вопросы текущего контроля:

1. Перечислите параметры продольного движения
2. Перечислите параметры бокового движения
3. Выпишите систему уравнений продольного движения
4. Выпишите систему уравнений бокового движения
5. Каким условиям отвечает невозмущенное движение
6. При каких условиях возможно разделение возмущенного движения на продольное и боковое
7. Запишите систему линейных дифференциальных уравнений продольного движения ЛА для отклонений
8. Запишите систему линейных дифференциальных уравнений бокового движения ЛА для отклонений
9. Запишите уравнения измерительных трактов
10. Запишите уравнения рулевых трактов
11. Запишите уравнение связи
12. Запишите уравнение идеальной связи
13. Запишите уравнения системы наведения
14. Какие связи будем называть основными
15. Дайте определение «полета по программе» и выпишите уравнения основных идеальных связей
16. Дайте определение наведения на цель
17. Перечислите варианты самонаведения
18. Что понимают под маневренностью летательного аппарата
19. Опишите устройство акселерометра
20. Запишите проекции перегрузки на траекторные оси координат
21. Запишите проекции перегрузки на связанные оси координат
22. Запишите динамические уравнения в безразмерной форме
23. Запишите выражения перегрузок через кинематические параметры движения
24. Запишите выражения для радиусов кривизны траектории
25. Что называют установившимся движением летательного аппарата
26. При каких условиях летательный аппарат находится в положении балансировки
27. Что называют потребными перегрузками
28. Запишите формулы для определения потребных перегрузок  $n_y$  и  $n_z$
29. Что называют располагаемой перегрузкой
30. Что назовем плоскостью сближения
31. Что называют углом упреждения
32. Какие требования предъявляются к первой группы методов наведения
33. Какие требования предъявляются ко второй группы методов наведения
34. Какие требования предъявляются к третьей группе методов наведения
35. В чем заключается метод погони
36. В каких случаях возможны прямолинейные траектории сближения при наведении методом погони
37. При каком условии возможно прямое попадание в цель
38. Выпишите значения  $\dot{\theta}$  в момент встречи аппарата с целью и максимальные значения нормальной перегрузки для различных значений  $p$  в методе погони
39. Изобразите схему наведения с постоянным углом упреждения и запишите уравнение идеальной связи

40. Выпишите направления возможных прямолинейных траекторий при наведении с постоянным углом упреждения
41. При каких начальных условиях можно получить прямолинейную траекторию
42. Запишите условие, когда угловая скорость касательной к траектории (и соответственно перегрузка) летательного аппарата при сближении с целью остаются ограниченными в методе наведения с постоянным углом упреждения
43. В чем заключается основное преимущество наведения с постоянным углом упреждения по сравнению с погоней
44. Изобразите схему наведения в точку встречи с целью
45. Изобразите схему наведения в мгновенную точку встречи
46. Запишите уравнение связи для наведения в мгновенную точку встречи
47. Изобразите схему наведения для метода параллельного сближения
48. Запишите уравнение идеальной связи для метода параллельного сближения
49. В чем заключается основное преимущество метода параллельного сближения по сравнению с другими методами наведения
50. Что называют пропорциональным сближением
51. Запишите три формы идеальной связи для пропорционального сближения
52. Запишите систему кинематических уравнений для пропорционального сближения
53. Запишите уравнения плоского движения перехватчика
54. Сформулируйте понятие промаха снаряда
55. Запишите выражение для промаха снаряда через относительную скорость
56. Запишите дифференциальное уравнение для промаха
57. Что следует предпринять для повышения точности самонаведения и снижения промаха
58. В чем состоит особенность законов управления углом атаки (2.20) и (2.24)
59. В чем состоит особенность уравнения для промаха (2.32)

Критерии оценивания: правильные, развернутые ответы или содержащие незначительные фактические ошибки.

### **3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания**

**Вопросы промежуточной аттестации (РОБК-1.1, РОБК-1.2, РООПК-8.1, РООПК-8.2, РОПК-2.1, РОПК-2.2, РОПК-3.1, РОПК-3.2)**

1. Методологические проблемы управления в динамике полета.
2. Система уравнений в управляемом полете. Продольное и боковое движение.
3. Возмущенное движение. Отклонение возмущенного движения от невозмущенного. Линеаризация уравнений для отклонений.
4. Управляемое движение. Связи, накладываемые системой управления на движение. Идеальные связи.
5. Полет по программе. Наведение на цель.
6. Исследование траекторий наведения. Кинематическое исследование самонаведения. Методы наведения.
7. Метод погони. Понятие перегрузки. Продольная и нормальная перегрузка. Наведение с постоянным углом упреждения.
8. Наведение в мгновенную точку встречи. Метод параллельного сближения.
9. Пропорциональное наведение.
10. Динамика самонаведения. Линеаризованные уравнения продольного движения.
11. Понятие промаха. Кинематические и динамические соотношения.
12. Динамика наведения при различных законах управления.

13. Динамика наведения для метода параллельного сближения.
14. Динамика наведения для метода погони.
15. Анализ решения гипергеометрического уравнения.

На основе содержания курса, по каждому из разделов сформулированы вопросы, обсуждаемые в ходе работы с преподавателем. Завершающая аттестация по курсу проводится в форме письменного зачета. Уровень подготовки обучающегося и его оценка выявляются в результате собеседований. В основе итоговой оценки лежит качество освоения разделов дисциплины с учётом степени активности каждого слушателя в ходе проведения семинаров.

Зачет с оценкой проводится по результатам письменного зачета по билетам и дополнительным вопросам

<b>Уровень</b>	<b>Качество ответов при собеседовании</b>	<b>Оценка</b>
1	Не ответил на вопросы или не явился на экзамен	неудовлетворительно
2	Фрагментарные ответы на основные и дополнительные вопросы. Оценка выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины.	неудовлетворительно
3	Формальные ответы на основные вопросы, слабое понимание физической сути при ответах на дополнительные вопросы. Оценка выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно точно формулирующему базовые понятия, допустившему неточности в построении физической модели или ее программной реализации	удовлетворительно
4	Ответы на основные вопросы с замечаниями. Имеются разного уровня замечания по дополнительным вопросам. Оценка выставляется студенту, твердо знающему материал, грамотно и, по существу, излагающему его, умеющему применять полученные знания на практике, но допускающему некритичные неточности в построении модели.	хорошо
5	Ответы на основные и дополнительные вопросы без существенных замечаний. Оценка выставляется студенту, способному самостоятельно принимать решения,	отлично

	оценивать их эффективность, обосновывать принятые решения и реализовывать их с помощью информационных технологий	
--	--	--

#### 4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Вопросы:

1. Перечислите параметры продольного движения
2. Перечислите параметры бокового движения
3. Выпишите систему уравнений продольного движения
4. Выпишите систему уравнений бокового движения
5. Каким условиям отвечает невозмущенное движение
6. При каких условиях возможно разделение возмущенного движения на продольное и боковое
7. Запишите систему линейных дифференциальных уравнений продольного движения ЛА для отклонений
8. Запишите систему линейных дифференциальных уравнений бокового движения ЛА для отклонений
9. Запишите уравнения измерительных трактов
10. Запишите уравнения рулевых трактов
11. Запишите уравнение связи
12. Запишите уравнение идеальной связи
13. Запишите уравнения системы наведения
14. Какие связи будем называть основными
15. Дайте определение «полета по программе» и выпишите уравнения основных идеальных связей
16. Дайте определение наведения на цель
17. Перечислите варианты самонаведения
18. Что понимают под маневренностью летательного аппарата
19. Опишите устройство акселерометра
20. Запишите проекции перегрузки на траекторные оси координат
21. Запишите проекции перегрузки на связанные оси координат
22. Запишите динамические уравнения в безразмерной форме
23. Запишите выражения перегрузок через кинематические параметры движения
24. Запишите выражения для радиусов кривизны траектории
25. Что называют установившимся движением летательного аппарата
26. При каких условиях летательный аппарат находится в положении балансировки
27. Что называют потребными перегрузками
28. Запишите формулы для определения потребных перегрузок  $n_y$  и  $n_z$
29. Что называют располагаемой перегрузкой
30. Что назовем плоскостью сближения
31. Что называют углом упреждения
32. Какие требования предъявляются к первой группы методов наведения
33. Какие требования предъявляются ко второй группы методов наведения
34. Какие требования предъявляются к третьей группе методов наведения
35. В чем заключается метод погони
36. В каких случаях возможны прямолинейные траектории сближения при наведении методом погони
37. При каком условии возможно прямое попадание в цель

38. Выпишите значения  $\theta$  в момент встречи аппарата с целью и максимальные значения нормальной перегрузки для различных значений  $\rho$  в методе погони
39. Изобразите схему наведения с постоянным углом упреждения и запишите уравнение идеальной связи
40. Выпишите направления возможных прямолинейных траекторий при наведении с постоянным углом упреждения
41. При каких начальных условиях можно получить прямолинейную траекторию
42. Запишите условие, когда угловая скорость касательной к траектории (и соответственно перегрузка) летательного аппарата при сближении с целью остаются ограниченными в методе наведения с постоянным углом упреждения
43. В чем заключается основное преимущество наведения с постоянным углом упреждения по сравнению с погоней
44. Изобразите схему наведения в точку встречи с целью
45. Изобразите схему наведения в мгновенную точку встречи
46. Запишите уравнение связи для наведения в мгновенную точку встречи
47. Изобразите схему наведения для метода параллельного сближения
48. Запишите уравнение идеальной связи для метода параллельного сближения
49. В чем заключается основное преимущество метода параллельного сближения по сравнению с другими методами наведения
50. Что называют пропорциональным сближением
51. Запишите три формы идеальной связи для пропорционального сближения
52. Запишите систему кинематических уравнений для пропорционального сближения
53. Запишите уравнения плоского движения перехватчика
54. Сформулируйте понятие промаха снаряда
55. Запишите выражение для промаха снаряда через относительную скорость
56. Запишите дифференциальное уравнение для промаха
57. Что следует предпринять для повышения точности самонаведения и снижения промаха
58. В чем состоит особенность законов управления углом атаки (2.20) и (2.24)
59. В чем состоит особенность уравнения для промаха (2.32)

Критерии оценивания: правильные, развернутые ответы или содержащие незначительные фактические ошибки на любые два теоретических вопроса из списка.

### **Информация о разработчиках**

Биматов Владимир Исмагилович, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры Динамики полета физико-технического факультета НИ ТГУ.