

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 реактивных систем

по направлению подготовки

24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика

Направленность (профиль) подготовки:

Баллистика и гидроаэродинамика

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер, инженер-разработчик

Год приема

2024

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Е.И. Борзенко

К.С. Рогаев

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2024

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

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин, применять методы математического моделирования, теоретических и экспериментальных исследований

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии

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

БК-1 Способен применять общие и специализированные компьютерные программы при решении задач профессиональной деятельности

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РОБК-1.1 Знает правила и принципы применения общих и специализированных компьютерных программ для решения задач профессиональной деятельности

РОБК-1.2 Умеет применять современные ИТ-технологии для сбора, анализа и представления информации; использовать в профессиональной деятельности общие и специализированные компьютерные программы

РООПК-1.1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы

РООПК-1.2 Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

РООПК-2.1 Знает методику выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методику привлечения физико-математического аппарата и современные компьютерные технологии для их решения

РООПК-2.2 Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии

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

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- тесты;
- контрольная работа;
- реферат.

Тест (ОПК-1, ОПК-2.)

1. Что такое реактивная тяга?

- а) Сила, действующая на тело в результате его веса
- б) Сила, возникающая при выбросе массы с определенной скоростью
- в) Сила трения между двумя поверхностями

2.Какой закон Ньютона лежит в основе принципа действия реактивных двигателей?

- a) Первый закон Ньютона
- b) Второй закон Ньютона
- c) Третий закон Ньютона

3. Какой параметр не влияет на величину реактивной тяги?

- a) Скорость выброса массы
- b) Масса выбрасываемого вещества
- c) Температура окружающей среды

4.Что такое удельный импульс реактивного двигателя?

- a) Отношение силы тяги к массе двигателя
- b) Отношение массы выбрасываемого вещества к времени
- c) Отношение тяги к расходу массы топлива

5.Как изменяется масса ракеты в процессе полета?

- a) Увеличивается
- b) Остается постоянной
- c) Уменьшается

6.Какой из видов топлива наиболее распространен для жидкостных ракетных двигателей?

- a) Керосин и жидкий кислород
- b) Уголь и воздух
- c) Водяной пар и углекислый газ

7.Какое из утверждений верно для многоступенчатых ракет?

- a) Все ступени работают одновременно
- b) Каждая ступень работает поочередно, отделяясь после выработки топлива
- c) Ступени не отделяются и работают до конца полета

8.Что определяет максимальную высоту подъема ракеты?

- a) Начальная масса ракеты
- b) Удельный импульс двигателя
- c) Плотность воздуха

9.Какой параметр является критическим для устойчивости полета ракеты?

- a) Центр давления
- b) Цвет ракеты
- c) Температура топлива

10.Что такое "эффект Кориолиса" в контексте полета ракеты?

- a) Сила, возникающая при взаимодействии с магнитным полем Земли
- b) Влияние вращения Земли на траекторию полета
- c) Сила трения о воздух

11. Какой из следующих двигателей не является реактивным?

- a) Турбореактивный двигатель
- b) Электродвигатель
- c) Жидкостный ракетный двигатель

12. Что происходит с центром масс ракеты по мере расхода топлива?

- a) Смещается вперед
- b) Смещается назад
- c) Остается на месте

13. Какое из следующих утверждений верно для твердотопливных ракет?

- a) Тяга регулируется в процессе полета
- b) Топливо сгорает полностью после зажигания
- c) Топливо можно выключить и включить снова

14. Что такое "вакуумная тяга" в контексте ракетных двигателей?

- a) Тяга, создаваемая в условиях высокой плотности воздуха
- b) Тяга, измеряемая в вакууме, без сопротивления воздуха
- c) Тяга, создаваемая при нулевой скорости ракеты

15. Какой из перечисленных факторов увеличивает эффективность реактивного двигателя в космосе?

- a) Наличие атмосферы
- b) Отсутствие гравитации
- c) Отсутствие атмосферного сопротивления

Критерии оценивания: тест считается пройденным (оценка «зачтено»), если обучающий ответил правильно как минимум на половину вопросов.

Контрольная работа (РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2, РОПК 6.1, РОПК 6.2).

Контрольная работа проводится два раза за семестр и состоит из 1 практических части, основанных на задании индивидуальных тактико-технических данных исследуемого тела. Для выполнения работы необходимы основные физические и математические законы, и математические методы. Работа выполняется самостоятельно. Результат работы представляется в форме отчетов с анализом результатов исследований и рекомендациями оптимальных параметров для расчетных тел.

Список практических частей индивидуальной работы:

1. Расчет активно-реактивного снаряда
2. Исследование движения вращающихся ракет

Пример задания индивидуальных тактико-технических данных исследуемого тела.

Тело	Калибр,мм	Масса,кг	Дальность стрельбы,м	Максимальная скорость,м\с
1	123	57,6	5000	260
2	300	72,0	2800	195

Требуемые результаты:

1.Определение формы снаряда для минимизации сопротивления воздуха. Расчет подъемной силы и лобового сопротивления. Расчет тяги двигателя и времени его работы. Определение массы топлива и его характеристик. Проведение компьютерного моделирования для проверки расчетов.

2. Изучение взаимодействия ракеты с воздушным потоком. Определение подъемной силы, сопротивления и моментов, влияющих на вращение. Расчет угловых скоростей и ускорений. Определение влияния вращения на траекторию и точность. Использование компьютерных моделей для предсказания поведения ракеты.

Критерии оценивания:

Результаты контрольной работы оцениваются баллами от 2 до 5.

5 баллов – ответы в отчете на задание контрольных работ приведены в полном объеме, с правильной терминологией изучаемой дисциплины, логичны в изложении.

4 балла – ответы в отчете на задание контрольных работ приведены не в полном объеме, ответы содержат незначительные ошибки, есть незначительные ошибки в терминологии.

3 балла – ответы в отчете на задание контрольных работ содержат значительные ошибки, есть ошибки в терминологии.

2 балла, неудовлетворительная оценка, ответы содержат значительные ошибки, есть грубые ошибки в терминологии или отчет по работе не представлена к проверке.

Реферат (РОБК-1.1, РОБК-1.2, РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2, РОПК 6.1, РОПК 6.2)

Реферат оформляется в соответствии с правилами оформления в ТГУ (<https://tsu.ru/upload/medialibrary/9ff/metodicheskie-ukazaniya-k-oformleniyu-rabot-obuchayushchikhsya-ni-tgu.pdf>) и защищается студентом в формате презентации.

Перечень тем для реферата:

1. Основы динамики реактивных систем
2. Аэродинамика и её влияние на движение ракет
3. Системы координат в анализе траекторий
4. Силы и моменты, действующие на ракету
5. Дифференциальные уравнения движения ракет
6. Методы линеаризации уравнений движения
7. Устойчивость траекторий по Ляпунову
8. Интегрирование уравнений колебательного движения
9. Анализ критических участков траектории
10. Графические методы расчета траекторий
11. Угловой разброс и его минимизация
12. Эффективная длина направляющей и её влияние
13. Баллистика противотанковых ракет
14. Влияние аэродинамических сил и моментов на траекторию
15. Оптимизация дальности прямого выстрела
16. Линеаризованные уравнения для вращающихся ракет

17. Преобразование уравнений вращательного движения
18. Свободные и вынужденные колебания оси ракеты
19. Начальные условия для старта с направляющей
20. Современные подходы к управлению траекторией ракет

2. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Промежуточная аттестация реализуется путем проведения зачета. К зачету допускается студент, выполнивший реферат на оценку «зачтено». Зачет проводится в устной форме. Продолжительность зачета 1 час. В билете два теоретических вопроса.

Вопросы по теории направлены на оценку сформированности по индикаторам компетенций РОБК-1.1, РОБК-1.2, РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2, РОПК 6.1, РОПК 6.2 (знание фундаментальных законов природы и основных физических и математических законов; умение применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера; знание методики выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методики привлечения физико-математического аппарата и современные компьютерных технологий для их решения; умение выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии; знание методики учета современных тенденций развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности; умение учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности).

Теоретические вопросы по дисциплине.

1. Системы координат.: Ответ должен содержать описание различных систем координат (инерциальных и связанных с ракетой), их назначение, преимущества и недостатки.
2. Силы и моменты.: Ответ должен включать перечень сил и моментов, действующих на снаряд, их влияние на движение, и проекции на оси координат.
3. Дифференциальные уравнения движения.: Ответ должен содержать формулировку уравнений, учитывающих все силы и моменты, и их зависимость от углов атаки и скольжения.
4. Линеаризация уравнений: Ответ должен описывать процесс упрощения уравнений для малых угловых отклонений и использование методов линейной алгебры.
5. Критерии устойчивости по Ляпунову: Ответ должен включать применение теории Ляпунова к уравнениям движения, условия устойчивости и методы их проверки.
6. Интегрирование уравнений колебательного движения: Ответ должен содержать методы решения уравнений колебаний, как аналитические, так и численные подходы.

7. Угловые отклонения вектора скорости: Ответ должен оценивать вероятные отклонения, включать статистические методы анализа и влияние внешних факторов.
8. Критический участок траектории: Ответ должен определять и анализировать участок, где снаряд наиболее подвержен отклонениям, и факторы риска.
9. Графический метод расчета. Спираль Корню: Ответ должен описывать метод и его применение для анализа траекторий, включая построение графиков.
10. Угловой разброс: Ответ должен объяснять зависимость отклонений от параметров ракеты и длины направляющей, а также методы минимизации разброса.
11. Эффективная длина направляющей: Ответ должен содержать понятие эффективной длины и её влияние на точность и стабильность полета.
12. Баллистика противотанковых снарядов: Ответ должен описывать особенности траекторий, факторы, влияющие на точность и эффективность.
13. Влияние аэродинамических сил и моментов: Ответ должен анализировать влияние на траекторию и угловые отклонения, а также методы компенсации.
14. Дальность прямого выстрела (РООПК-2.1, РООПК-2.2, РООПК-6.1, РООПК-6.2): Ответ должен определять дальность, факторы, влияющие на неё, и методы расчета.
15. Линеаризованные уравнения для вращающихся ракет: Ответ должен содержать упрощенные уравнения движения, применимые для анализа устойчивости.
16. Преобразование уравнений вращательного движения: Ответ должен описывать методы преобразования и упрощения анализа вращательного движения.
17. Свободное колебание оси ракеты: Ответ должен содержать условия, при которых ось ракеты остается устойчивой, и методы анализа.
18. Вынужденные колебания оси: Ответ должен объяснять причины и последствия вынужденных колебаний, а также методы компенсации.
19. Начальные условия схода с направляющей: Ответ должен определять оптимальные начальные условия для минимизации отклонений при старте.

Образцы контрольных билетов

Билет №1.

1. Системы координат, необходимые для описания движения неуправляемого реактивного снаряда.
2. Эффективная длина направляющей

Билет №2.

1. Силы и моменты, действующие на неуправляемый реактивный снаряд при его движении в воздухе в проекциях на оси выбранных систем координат
2. Основные особенности баллистики противотанковых реактивных снарядов

Билет №3.

1. Система дифференциальных уравнений, определяющая движение реактивного снаряда при любых значениях углов атаки и скольжения
2. Влияния аэродинамических сил и моментов на угловые отклонения противотанковых ракет

Билет №4.

1. Линеаризация уравнений пространственного движения относительно угловых параметров
2. Дальность прямого выстрела

Билет №5.

1. Критерии устойчивости движения по Ляпунову, вытекающие из рассмотрения дифференциальных уравнений движения
2. Свободное колебание оси ракеты

Билет №6.

1. Интегрирование уравнений колебательного движения реактивного снаряда
2. Условия устойчивости свободных колебаний оси ракеты.

Билет №7.

1. Вероятные угловые отклонения вектора скорости
2. Преобразование уравнений вращательного движения

Билет №8.

1. Критический участок траектории
2. Вынужденные колебания оси вращающейся ракеты

Билет №9.

1. Графический метод расчета. Спираль Корню.
2. Определение начальных условий схода ракеты с направляющей

Билет №10.

1. Зависимость углового разброса от конкретных параметров ракеты и длины направляющей
2. Линеаризованные уравнения движения при исследовании движения вращающихся ракет.

Критерии оценивания:

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется, если ответы приведены в полном объеме, с правильной терминологией изучаемой дисциплины, логичны в изложении.

Оценка «не зачтено» выставляется, если ответы содержат значительные ошибки, есть грубые ошибки в терминологии или работа не представлена к проверке.

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

Билет №1.

1. Системы координат, необходимые для описания движения неуправляемого реактивного снаряда.
2. Эффективная длина направляющей

Билет №2.

1. Силы и моменты, действующие на неуправляемый реактивный снаряд при его движении в воздухе в проекциях на оси выбранных систем координат
2. Основные особенности баллистики противотанковых реактивных снарядов

Билет №3.

1. Система дифференциальных уравнений, определяющая движение реактивного снаряда при любых значениях углов атаки и скольжения
2. Влияния аэродинамических сил и моментов на угловые отклонения противотанковых ракет

Билет №4.

1. Линеаризация уравнений пространственного движения относительно угловых параметров
2. Дальность прямого выстрела

Билет №5.

1. Критерии устойчивости движения по Ляпунову, вытекающие из рассмотрения дифференциальных уравнений движения
2. Свободное колебание оси ракеты

Билет №6.

1. Интегрирование уравнений колебательного движения реактивного снаряда
2. Условия устойчивости свободных колебаний оси ракеты.

Билет №7.

1. Вероятные угловые отклонения вектора скорости
2. Преобразование уравнений вращательного движения

Билет №8.

1. Критический участок траектории
2. Вынужденные колебания оси вращающейся ракеты

Билет №9.

1. Графический метод расчета. Спираль Корню.
2. Определение начальных условий схода ракеты с направляющей

Билет №10.

1. Зависимость углового разброса от конкретных параметров ракеты и длины направляющей
2. Линеаризованные уравнения движения при исследовании движения вращающихся ракет.

Критерии оценивания: считается выполненным, если дан верный ответ на два теоретических вопроса из предложенных (исчерпывающий и/или с небольшими неточностями).

Информация о разработчиках

Фарапонов Валерий Владимирович, канд. физ.-мат. наук, доцент каф. динамики полета.

Гранько Николетта Сергеевна, ассистент каф. динамики полета