

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО
Директор физтех-школы
аэрокосмических технологий
С.С. Негодяев

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Динамика ракет
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Космические технологии
	Физтех-школа Аэрокосмических Технологий
	кафедра аэрофизической механики и управления движением
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: Е.В. Афолина, преподаватель

Программа обсуждена на заседании кафедре аэрофизической механики и управления движением 09.09.2024

Аннотация

Изучение учебной дисциплины направлено на углубление и расширение базовой профессиональной подготовки студента, формирование соответствующих компетенций.

В учебной дисциплине рассматривается возмущенное движение ракеты для трех динамических моделей: ракеты как абсолютно твердого тела; ракеты как жесткого тела с полостями, частично заполненными жидкостью со свободными поверхностями; ракеты с учетом упругости ее корпуса. Учащиеся знакомятся с методами исследования устойчивости и управляемости движения ракеты. Студенты научатся способам построения системы автоматического управления движением ракеты.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование у обучающихся теоретических знаний о динамике ракет в предположении, что:
 - а) ракета – абсолютно твердое тело;
 - б) ракета – жесткое тело с полостями, частично заполненными жидкостью со свободными поверхностями;
 - в) ракета – упругий неоднородный стержень.
- формирование у обучающихся навыков исследования устойчивости систем автоматического управления.

Задачи дисциплины

- дать студентам базовые знания в области динамики ракет без учета и с учетом колебаний больших масс жидкого топлива в ее топливных баках;
- развить навыки построения системы управления движением ракеты и настройки автомата стабилизации;
- развить навыки исследования устойчивости систем автоматического управления.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности

решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- динамические характеристики систем переменного состава;
- основные динамические характеристики ракеты как твердого тела;
- основные динамические характеристики ракеты с учетом колебаний жидкого наполнения топливных баков;
- критерии устойчивости систем автоматического управления;
- методы амплитудной и фазовой стабилизации колебаний свободных поверхностей жидкостей в топливных баках.

уметь:

- использовать свои знания для построения системы управления ракетой в предположении, что ракета – твердое тело, а также с учетом колебаний жидкости в топливных баках;
- оценивать эффективность органов управления;
- анализировать возмущенное движение ракеты.

владеть:

- методами оценки устойчивости движения ракеты;
- навыками построения системы управления движением ракеты и настройки автомата стабилизации;
- навыками стабилизации колебаний свободных поверхностей жидкостей в топливных баках.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Динамика ракеты как системы переменного состава		2		3
2	Динамические характеристики ракеты как твердого тела		6		2
3	Устойчивость и управляемость ракеты		6		2
4	Ракета как линейный объект автоматического управления		4		2
5	Динамические характеристики ракеты с учетом колебаний жидкости в баках		10		4
6	Стабилизация движения ракеты с учетом упругости ее корпуса		2		2
Итого часов			30		15
Подготовка к экзамену		0 час.			

Общая трудоёмкость	45 час., 1 зач.ед.
--------------------	--------------------

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 2 (Весенний)

1. Динамика ракеты как системы переменного состава

Системы координат. Угловые координаты. Динамика системы переменного состава. Принцип затвердевания для ракеты.

2. Динамические характеристики ракеты как твердого тела

Принцип затвердевания. Силы, действующие на ракету в полете. Уравнения движения ракеты. Невозмущенное и возмущенное движение ракеты. Анализ возмущенного движения ракеты.

3. Устойчивость и управляемость ракеты

Понятия об устойчивости и управляемости. Критерии устойчивости. Передаточные функции. Структура автомата стабилизации. Метод замороженных коэффициентов. Ракета как линейный объект автоматического управления.

4. Ракета как линейный объект автоматического управления

Эффективность органов управления. Частотные характеристики ракеты как твердого тела. Требования к автомату стабилизации.

5. Динамические характеристики ракеты с учетом колебаний жидкости в баках

Жидкостной ракетный двигатель. Физические свойства жидкого топлива. Малые колебания жидкости в топливных баках. Колебания свободных поверхностей жидкостей в топливных баках. Уравнения движения ракеты с учетом подвижности жидкого наполнения топливных баков. Собственные колебания свободных поверхностей жидкостей в топливных баках, их формы и частоты. Уравнения возмущенного движения ракеты с учетом подвижности жидкого наполнения топливных баков. Фазовая стабилизация свободных поверхностей жидкостей в топливных баках.

6. Стабилизация движения ракеты с учетом упругости ее корпуса

Введение в стабилизацию движения ракеты с учетом упругости ее корпуса. Уравнения возмущенного движения ракеты с учетом упругости корпуса.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, меловая доска, компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Фонд литературы базовой кафедры:

1. Абгарян К.А., Рапопорт И.М. Динамика ракет. - М.: Машиностроение, 1969
2. Колесников К. С. Жидкостная ракета как объект регулирования. - Москва: Машиностроение, 1969

Дополнительная литература

Фонд литературы базовой кафедры:

1. Разыграев А.П. Основы управления полетом космических аппаратов и кораблей. - Москва: Машиностроение, 1977
2. Солодовников В.В. Теория автоматического управления техническими системами: [Учеб. пособие для машино- и приборостроит. вузов] / В. В. Солодовников, В. Н. Плотников, А. В. Яковлев. - Москва: Изд-во МГТУ, 1993

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Пакеты офисного программного обеспечения Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint), OpenOffice.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное освоение курса требует систематических занятий и самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- изучение рекомендованной учебно-научной литературы;
- проработку учебного материала;
- подготовку ответов на вопросы, предназначенные для самостоятельного изучения;
- подготовку к тестам и опросам.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студентов осуществляется в форме устного опроса на занятиях. Критерием качества владения материалом служит умение отвечать на вопросы по теме курса.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Прикладные математика и физика
профиль подготовки: Космические технологии
Физтех-школа Аэрокосмических Технологий
кафедра аэрофизической механики и управления движением
курс: 1
квалификация: магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: Е.В. Афолина, преподаватель

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Динамика ракет» обучающийся должен:

знать:

- динамические характеристики систем переменного состава;
- основные динамические характеристики ракеты как твердого тела;
- основные динамические характеристики ракеты с учетом колебаний жидкого наполнения топливных баков;
- критерии устойчивости систем автоматического управления;
- методы амплитудной и фазовой стабилизации колебаний свободных поверхностей жидкостей в топливных баках.

уметь:

- использовать свои знания для построения системы управления ракетой в предположении, что ракета – твердое тело, а также с учетом колебаний жидкости в топливных баках;
- оценивать эффективность органов управления;
- анализировать возмущенное движение ракеты.

владеть:

- методами оценки устойчивости движения ракеты;
- навыками построения системы управления движением ракеты и настройки автомата стабилизации;
- навыками стабилизации колебаний свободных поверхностей жидкостей в топливных баках.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль осуществляется в форме устного опроса на занятиях.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Системы координат. Угловые координаты.
2. Динамика системы переменного состава. Принцип затвердевания для ракеты.
3. Силы, действующие на ракету в полете. Уравнения движения ракеты. Невозмущенное и возмущенное движение ракеты.
4. Понятия об устойчивости и управляемости. Критерии устойчивости. Передаточные функции.
5. Структура автомата стабилизации. Метод замороженных коэффициентов.
6. Частотные характеристики ракеты как твердого тела.
7. Малые колебания жидкости в топливных баках. Колебания свободных поверхностей жидкостей в топливных баках. Собственные колебания свободных поверхностей жидкостей в топливных баках, их формы и частоты.
8. Уравнения возмущенного движения ракеты с учетом подвижности жидкого наполнения топливных баков.
9. Фазовая стабилизация свободных поверхностей жидкостей в топливных баках.
10. Уравнения возмущенного движения ракеты с учетом упругости корпуса.

Критерии оценивания

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при ответе билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он твердо знает материал билета, грамотно излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, если он твердо знает материал билета, грамотно излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он твердо знает материал билета, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе много неточностей, не допуская в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту, если во время ответа билета он показал фрагментарный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, если во время ответа билета он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета он показал, что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных

Итоговая оценка вычисляется как сумма баллов по каждому вопросу. Студенты, систематически посещавшие семинары и добросовестно выполнявшие задания, имеют преимущество в виде дополнительных 1-3 баллов к набранной сумме.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении дифференцированного зачета студенту предоставляется 1 час на подготовку. Во время проведения дифференцированного зачета студент может пользоваться конспектами и любой другой литературой.