

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 07 » февраля 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ Акустическая неустойчивость в ракетных двигателях _____
(наименование)

Форма обучения: _____ очная _____
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: _____ магистратура _____
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: _____ 180 (5) _____
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов _____
(код и наименование направления)

Направленность: _____ Аэродинамика, гидродинамика и процессы теплообмена
двигателей летательных аппаратов _____
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является формирование комплекса знаний, умений и навыков в области решения фундаментальных и прикладных проблем динамического анализа ракетного двигателя твердого топлива (РДТТ) летательного аппарата, приобретающем все большее значение в процессе разработки ракетно-космической техники. Разработанная в связи с этим дисциплина методологически объединяет основные знания в области акустики и динамики газодинамических процессов в камере сгорания РДТТ, необходимые современному инженеру ракетостроения.

Задачи дисциплины:

- ознакомление с современными подходами и методами в нестационарной газодинамике;
- изучение математических моделей колебаний в камере сгорания (КС) при нестационарном газодинамическом потоке с поверхности горения твердого топлива;
- изучение методов моделирования акустической неустойчивости работы РДТТ и проверки адекватности разрабатываемых моделей;
- формирование умения работы с современными экспериментально-теоретическими базами исследований нестационарных процессов и программами для обработки результатов экспериментальных исследований;
- формирование навыков использования результатов научных исследований для решения вопросов акустической неустойчивости в КС РДТТ.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- камеры сгорания РДТТ;
- методы экспериментально-теоретических исследований акустической неустойчивости и обработки результатов экспериментов;
- методы борьбы с газодинамическими источниками при акустической неустойчивости РДТТ.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.2	ИД-1ПК0-4	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – виды акустической неустойчивости при работе РДТТ; – общие вопросы теории взаимодействия волновых полей при формировании в камере сгорания РДТТ определенного вида неустойчивости его работы; – основные понятия о математических моделях акустической неустойчивости при работе РДТТ; – основные источники и стоки акустической энергии в камере сгорания РДТТ; – основные методы расчета амплитудно-частотных характеристик газовой полости КС РДТТ; – основные методы борьбы с акустической неустойчивости при работе РДТТ. 	Знает методики и этапность проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов процессов в ракетных двигателях.	Зачет
ПК-2.2	ИД-2ПК0-4	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выполнять анализ влияния конструктивных параметров на величину притока акустической энергии в КС РДТТ; – использовать методы физического и математического моделирования газодинамических процессов при акустической неустойчивости работы РДТТ; – выполнять расчеты по оценке влияния конструктивных элементов КС на акустическую неустойчивость работы РДТТ. 	Умеет проводить газодинамические, тепловые и прочностные расчёты двигателей летательных аппаратов и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования.	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.2	ИД-3ПК0-4	Владеет: – современными методами исследований акустической неустойчивости работы РДТТ и компьютерными программами для обработки результатов экспериментальных исследований; – навыками экспериментально-теоретических исследований в области акустической неустойчивости работы РДТТ; – навыками анализа и обобщения результатов.	Владеет навыками проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов ракетных двигателей и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования с применением современных программных средств и анализа полученных результатов для принятия технических решений.	Зачет

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	22	22	
- лабораторные работы (ЛР)	22	22	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	24	24	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	108	108	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
4-й семестр				
РДТТ – динамическая система	8	8	8	28
Способы регулирования РДТТ. Общий случай регулирования. Математическая модель. Частные случаи регулирования. Уравнение камеры сгорания в отклонениях. Динамика системы «камера – поверхность горения». Частотные характеристики камеры. Физическая модель нестационарного горения топлива. Основы математической модели. Частотная характеристика. Влияние различных факторов. Методы экспериментального определения частотных характеристик процесса превращения твердого топлива в лабораторных условиях.				
Неустойчивость работы РДТТ	7	7	10	50
Акустическая неустойчивость работы РДТТ. . Низкочастотная неустойчивость РДТТ. Высокочастотная неустойчивость.				
Экспериментальные методы анализа устойчивости работы РДТТ	7	7	6	30
Экспериментальные исследования акустической неустойчивости. Инженерные методы оценки акустической неустойчивости в динамических параметрах РДТТ. Влияние акустической неустойчивости на качество проектируемых РДТТ для ЛА. Связанные задачи. Выбор проектных параметров с учетом оценки динамических свойств ЛА.				
ИТОГО по 4-му семестру	22	22	24	108
ИТОГО по дисциплине	22	22	24	108

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчет динамические характеристики РДТТ
2	Расчет акустической неустойчивость работы РДТТ
3	Расчет низкочастотной и высокочастотной неустойчивость работы РДТТ
4	Выбор и анализ экспериментальных методов исследования акустической неустойчивости работы РДТТ
5	Освоение современных методик оценки устойчивости работы РДТТ

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Определение максимальной растягивающей нагрузки при включении (выключении) двигательной установки
2	Исследование различных режимов низкочастотной неустойчивости горения твердого топлива
3	Исследование передаточной функции поверхности горения твердого топлива от частоты и амплитуды колебаний давления
4	Исследование акустических источников в камере сгорания РДТТ на модельном двигателе
5	Определение условий резонансного взаимодействия топливный заряд – корпус РДТТ

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Динамика механизмов : учебное пособие / А. А. Головин [и др.]. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006.	11
2	Динамика ракет : учебник для вузов / А. К. Абгарян [и др.]. - М.: Машиностроение, 1990.	23
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Волков В. Т. Исследование и стендовая отработка ракетных двигателей на твердом топливе / В.Т. Волков, Д.А. Ягодников. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007.	5
2	Присняков В.Ф. Динамика ракетных двигателей твердого топлива : учебное пособие для вузов / В.Ф. Присняков. - Москва: Машиностроение, 1984.	39
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Волков В. Т. Исследование и стендовая отработка ракетных двигателей на твердом топливе	https://e.lanbook.com/book/106287	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Головин, А.А. Динамика механизмов : учебное пособие	https://e.lanbook.com/book/106277	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.02.2022)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	https://техэксперт.сайт/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Экспериментальная установка «Эхо»	1
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютеры	12

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе