

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