

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

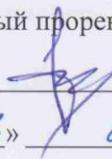
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра *двигателей внутреннего сгорания*

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор по науке

 Р.Д. Еникеев

« 23 » *июня* 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«ТУРБОМАШИНЫ И ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ»

Уровень подготовки

высшее образование - подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Научная специальность

2.4.7 Турбомашины и поршневые двигатели

Квалификация (ученая степень): кандидат наук

Форма обучения

очная

Уфа 2022

Рабочая программа учебной дисциплины «*ТУРБОМАШИНЫ И ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ*»

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры ДВС 5.05.2022 г., протокол № 7 и рекомендована к реализации в образовательном процессе для подготовки аспирантов по ПА 2.4.7 «Турбомашины и поршневые двигатели».

Заведующий кафедрой:  Р.Д. Еникеев, д.т.н., профессор

Составитель:  А.О. Борисов, к.т.н., доцент кафедры ДВС

Согласовано:  Р.К. Фаттахов, к.т.н., доцент, начальник ОАиД

Оглавление

1. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
2. Содержание и структура дисциплины (модуля)	4
3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов	6
4. Фонд оценочных средств	6
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	11
6. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ.....	11

1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Турбомашины и поршневые двигатели», направленная на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов, образовательного компонента программы аспирантуры подготовки научных и научно-исследовательских кадров в аспирантуре по научной специальности 2.4.7 Турбомашины и поршневые двигатели.

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)», утвержденных приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России) от 20 октября 2021 года № 951; Постановление Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 № 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)".

Является неотъемлемой частью программы аспирантуры подготовки научных и научно-исследовательских кадров в аспирантуре. Дисциплина направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена.

Целью освоения дисциплины является углубление фундаментальных знаний обучающихся, а также его практической подготовки в области турбомашин и поршневых двигателей.

Задачи: углубленное изучение проблем и направлений совершенствования рабочих процессов турбомашин и поршневых двигателей; изучение проблем и направлений совершенствования конструкций турбомашин и поршневых двигателей; формирование практических навыков моделирования рабочих процессов в турбомашинах и поршневых двигателях.

2. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов).

Трудоемкость дисциплины по видам работ

Вид работы	Трудоемкость, час.
	4 курс
Лекции (Л)	10
Практические занятия (ПЗ)	
Лабораторные работы (ЛР)	
КСР	1
Курсовая проект работа (КР)	
Расчетно - графическая работа (РГР)	
Самостоятельная работа (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	61
Подготовка и сдача экзамена	
Подготовка и сдача зачета	36
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	экзамен

Содержание разделов и формы текущего контроля

№	Наименование и содержание раздела	Количество часов					Литература, рекомендуемая аспирантам*	
		Аудиторная работа				СРС		Всего
		Л	ПЗ	ЛР	КСР			
1	Газообмен в поршневых и комбинированных двигателях	2				15	17	5.1.1, 5.2.2, 6.3.1
2	Воспламенение и горение в поршневых и комбинированных двигателях; токсичность отработавших газов поршневых двигателей.	4			1	26	31	5.1.3, 5.2.1
3	Проблемы и направления совершенствования рабочих процессов турбомашин и поршневых двигателей.	2				10	12	5.1.7.
4	Проблемы и направления совершенствования конструкций турбомашин и поршневых двигателей.	2				10	12	5.1.4

_____.

3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов

Тема 1. Газообмен в поршневых и комбинированных двигателях

Вопросы для самостоятельного изучения (подготовке к обсуждению):

1. Исторически сложившиеся теории газообмена.
2. Физическая картина явлений в газоздушном тракте двигателя.
3. Использование газодинамических явлений для увеличения расхода воздуха через двигатель.
4. Устройства для генерации турбулентности в рабочей камере двигателя.

Тема 2. Воспламенение и горение в поршневых и комбинированных двигателях; токсичность отработавших газов поршневых двигателей

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Физическая картина воспламенения в двигателях с искровым зажиганием и в двигателях с самовоспламенением.
2. Требования к параметрам газодинамического состояния заряда для эффективного воспламенения и сгорания в поршневых двигателях.
3. Физическая картина образования токсичных компонентов в двигателях с искровым зажиганием и в двигателях с самовоспламенением.

Тема 3. Проблемы и направления совершенствования рабочих процессов турбомашин и поршневых двигателей.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Термодинамические циклы поршневых, комбинированных двигателей и турбомашин.
2. Показатели термодинамических циклов.
3. Индикаторные и эффективные показатели двигателя.
4. Современный закон подачи топлива в дизелях.
5. Двигатели с искровым зажиганием и качественным регулированием.
6. Методы повышения эффективной мощности.

Тема 4. Проблемы и направления совершенствования конструкций турбомашин и поршневых двигателей.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Классификация турбомашин и поршневых двигателей.
2. Компоновочные схемы турбомашин и поршневых двигателей.
3. Развитие конструкций турбомашин и поршневых двигателей.
4. Конструкция двигателей с переменной геометрией газоздушных трактов.

4. Фонд оценочных средств

Оценка уровня освоения дисциплины осуществляется в виде текущего и промежуточного контроля успеваемости аспирантов университета, и на основе критериев оценки уровня освоения дисциплины.

Активность обучающегося оценивается на занятиях и на основе выполненных работ и заданий, предусмотренных ФОС дисциплины.

Оценивание проводится преподавателем независимо от наличия или отсутствия обучающегося (по уважительной или неуважительной причине) на занятии. Оценка носит комплексный характер и учитывает достижения обучающегося по основным компонентам образовательного процесса за текущий период.

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Наименование оценочного средства*
1	Газообмен в поршневых и комбинированных двигателях	Круглый стол, комплексное задание, ответы на вопросы
2	Воспламенение и горение в поршневых и комбинированных двигателях; токсичность отработавших газов поршневых двигателей.	Круглый стол, комплексное задание, ответы на вопросы
3	Проблемы и направления совершенствования рабочих процессов турбомашин и поршневых двигателей.	Круглый стол, комплексное задание, ответы на вопросы
4	Проблемы и направления совершенствования конструкций турбомашин и поршневых двигателей.	Круглый стол, ответы на вопросы

Вопросы к экзамену

1. Особенности современных рабочих процессов.
2. Организация сгорания в дизелях.
3. Организация сгорания в двигателях с внешним смесеобразованием.
4. Организация сгорания в двигателях с внутренним смесеобразованием и искровым зажиганием.
5. Развитие конструкций поршневых двигателей.
6. Токсичность отработавших газов поршневых двигателей.
8. Номинальная площадь контакта и номинальное давление.
9. Контурная площадь контакта и контурное давление.
10. Фактическая площадь контакта и фактическое давление.
11. Отличие внешнего трения от внутреннего.
12. Зависимость силы трения от относительного перемещения.
13. Молекулярно-механическая природа фрикционного взаимодействия.
14. Упругий контакт.
15. Упругий ненасыщенный контакт.
16. Упругий насыщенный контакт.
17. Пластический контакт.
18. Пластический ненасыщенный контакт.
19. Пластический насыщенный контакт.
20. Правило положительного градиента сдвигового сопротивления.
21. Понятие третьего тела.
22. Виды и режимы трения.
23. Сухое трение.
24. Трение при граничной смазке.
25. Трение при полужидкостной смазке.
26. Трение при жидкостной смазке.

27. Газообмен двухтактного двигателя с петлевой продувкой.
28. Газообмен двухтактного двигателя с прямоточной продувкой.
29. Газообмен четырехтактного двигателя.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется аспиранту, если была проявлена дискуссионная активность в рамках круглого стола, получены полные ответы на вопросы (теоретические), корректно решены задания;
- оценка «хорошо» - была проявлена дискуссионная активность в рамках круглого стола, не более половины ответов на теоретические вопросы не совсем полные, корректно решены задания;
- оценка «удовлетворительно» - была проявлена дискуссионная активность в рамках круглого стола, ответы на более чем половина теоретических вопросов не совсем полные, часть заданий решена корректно;
- оценка «неудовлетворительно» - отсутствовала дискуссионная активность в рамках круглого стола, ответы на теоретические вопросы неправильные, задания решены некорректно.

Типовые оценочные материалы

Раздел (тема) дисциплины: Газообмен в поршневых и комбинированных двигателях.

Задание. Предложить конструктивную схему газоздушного тракта четырехтактного двигателя для обеспечения высоких значений коэффициента наполнения в широком диапазоне частот вращения вала. Показать основы подбора конструктивных параметров газоздушного тракта для выполнения задачи. Схематически изобразить основные конструктивные элементы газоздушного тракта, объяснить принцип действия и обосновать возможности решения поставленной задачи. Привести реально существующие аналоги конструкций, оценить положительный эффект и недостатки предложенной схемы.

Раздел (тема) дисциплины: Воспламенение и горение в поршневых и комбинированных двигателях; токсичность отработавших газов поршневых двигателей.

Комплексное задание.

Представляется проект одноцилиндрового двигателя в СИМ «Альбея» с исходными данными, имитирующими работу двигателя на некотором исходном (базовом) режиме.

В соответствии с выбранным вариантом задания выполнить моделирование рабочего процесса двигателя на другом режиме работы. При необходимости на новом режиме работы подобрать оптимальный угол опережения зажигания. Выполнить сравнение полученных показателей двигателя с показателями на базовом режиме работы и по каждому показателю дать объяснения различий. Использовать формулы, полученные скриншоты экранов СИМ, графики, знания скоростных и нагрузочных характеристик двигателя, а также типовых зависимостей показателей двигателя от режима работы и т.п.

Требуется сравнить и проанализировать (с обоснованием ответов):

- показатели газообмена;
- характерные давления и температуры цикла;
- индикаторные показатели;
- механические потери;
- эффективные показатели.

Раздел (тема) дисциплины: Проблемы и направления совершенствования рабочих процессов турбомашин и поршневых двигателей.

Задачи:

1. Определить коэффициент наполнения четырехтактного четырехцилиндрового двигателя с наддувом: диаметр цилиндра $D = 145$ мм, ходпоршня $S = 205$ мм, частота вращения вала $n = 1250$ мин⁻¹, давление наддува $p_k = 0,17$ МПа, $T_k = 365$ К и расход воздуха $G_B = 0,21$ кг/с.

2. Определить частоту вращения роторов компрессора Roots (рис. 1.3) при следующих условиях: расход воздуха через компрессор $G_k = 0,4$ кг/с; диаметр роторов $d = 0,18$ м; длина роторов $l = 0,25$ м; относительный объем полостей $V_{пол} = 0,5V_{\Sigma}$; коэффициент подачи $\eta = Q/Q_{теор} = 0,9$. Параметры окружающей среды: $p_0 = 100$ кПа; $T_0 = 300$ К.

3. Определить теоретическую производительность поршневого компрессора со степенью повышения давления $\pi_k = 3$, если рабочий объем компрессора равен 2 л, вредный объем – 0,2 л, частота вращения вала компрессора равна 3000 об/мин. Параметры окружающей среды: $p_0 = 100$ кПа; $T_0 = 293$ К.

4. Определить параметры воздуха во впускном коллекторе двигателя с наддувом и затраты мощности на привод нагнетателя. Параметры нагнетателя: расход воздуха $G_k = 0,5$ кг/с; степень повышения давления $\pi_k = 1,5$; адиабатный КПД $\eta_k = 0,63$; механический КПД $\eta_m = 0,92$. Количество воздуха, теоретически необходимое для сгорания топлива $l_0 = 14,5$ кг/кг. Параметры окружающей среды: $p_0 = 100$ кПа; $T_0 = 300$ К.

5. Поршневой двигатель без наддува развивает мощность $N_e = 220$ кВт (коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,3$). Определить степень наддува двигателя с приводным нагнетателем, обеспечивающим расход воздуха $G_k = 0,45$ кг/с и степень повышения давления $\pi_k = 1,55$ при адиабатном КПД компрессора $\eta_k = 0,65$, механическом КПД привода компрессора $\eta_m = 0,92$ и сохранении коэффициента наполнения. Параметры окружающей среды: $p_0 = 100$ кПа; $T_0 = 300$ К.

6. Поршневой двигатель без наддува развивает мощность $N_e = 220$ кВт (коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,3$; коэффициент наполнения $\eta_v = 0,75$). Определить, как изменится удельный эффективный расход топлива, если для наддува применить приводной нагнетатель из задачи 1.3.

7. Определить расход газа через нагнетатель, если давление в его входном патрубке диаметром 40 мм меньше давления окружающей среды на 4800 Па. Параметры окружающей среды: $p_0 = 100$ кПа; $T_0 = 300$ К. Местными потерями на входе в патрубок пренебречь.

Раздел (тема) дисциплины: Проблемы и направления совершенствования конструкций турбомашин и поршневых двигателей.

Задания.

1. Привести и проанализировать основные компоновочные схемы поршневых ДВС. Преимущества и недостатки различных схем.
2. Современные системы подачи топлива для дизелей.
3. Механические показатели ДВС, их влияние на эффективные показатели, зависимость от режима работы. Способы улучшения.
4. Согласование характеристик турбокомпрессора и поршневой части комбинированного двигателя.
5. Схемы и принцип работы центробежных и осевых компрессоров. Преимущества и недостатки.
6. Настройка газоздушного тракта ДВС. Связь размеров настроенного ГВТ с режимом работы ДВС.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется аспиранту, при полном выполнении задания, с представлением обоснований предлагаемых технических решений, анализом достоинств и недостатков; с представлением поясняющих графических материалов; при понимании им физического смысла явлений и причинно-следственной связи между ними и показателями двигателя.

- оценка «хорошо» выставляется аспиранту, при выполнении задания в целом, при незначительной неполноте всестороннего рассмотрения проблемы; при неполном обосновании правильных путей ее решения; недостаточном объеме графических поясняющих материалов;

- оценка «удовлетворительно» выставляется аспиранту при правильном по сути выполнении задания; при неполном обосновании предлагаемых решений; отсутствии графических поясняющих материалов;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется аспиранту при отсутствии предложений по решению поставленной задачи; в случае предложения ошибочных технических решений.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. *Клеванский В.М.* Гидрогазодинамика: Учебное пособие. — 2-е изд., стер. — Уфа: УГАТУ, 2013. — 309 с.

*2. Борисов А.О., Загайко С.А. Механизмы и системы двигателей внутреннего сгорания: /учеб. пособие / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2015. – 184 с.

(* - издание находится на реализующей рабочей программу кафедре)

5.2 Дополнительная литература

1. *Черноусов А.А.* Основы численного моделирования рабочих процессов тепловых двигателей: Учебное пособие / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; — Уфа: УГАТУ 2008. —265 с.

2. *Фортов, В.Е.* Уравнения состояния вещества. От идеального газа до кварк-глюонной плазмы / В. Е. Фортов. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2012 .— 501 с.

3. Борисов А.О., Еникеев Р.Д. Перспективные методы управления двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие /Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; — Уфа: УГАТУ 2011. — 113 с.

4. *Кавтарадзе Р.З.* Теория поршневых ДВС. Специальные главы: Учебник для ВУЗов. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. — 719 с.

5.3. Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)

1. Сайт библиотеки: УГАТУ: <http://library.ugatu.ac.ru>.

2. Портал кафедры ДВС: <http://www.dvs.ugatu.ac.ru>.

и электронно-библиотечным системам:

3. ЭБС «Лань»: <http://e.lanbook.com>.

4. ЭБС Ассоциации «Электронное образование Республики Башкортостан»: <http://e-library.ufa-rb.ru>.

5. Консорциум аэрокосмических вузов России: <http://elsau.ru>.

6. Электронная коллекция образовательных ресурсов УГАТУ:

<http://www.library.ugatu.ac.ru/cgi-bin/zgate.exe?Init+ugatu-fulltxt.xml,simple-fulltxt.xml+rus>.

6. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

При инклюзивном обучении лиц с ОЗВ предоставляется возможность использовать следующие материально-технические средства:

- для аспирантов с ОВЗ по зрению предусматривается применение средств преобразования визуальной информации в аудио и тактильные сигналы, таких как, брайлевская компьютерная техника, электронные лупы, видеувеличители, программы не визуального доступа к информации, программы-синтезаторов речи;

- для аспирантов с ОВЗ по слуху предусматривается применение сурдотехнических средств, таких как, системы беспроводной передачи звука, техники для усиления звука, видеотехника, мультимедийная техника и другие средства передачи информации в доступных формах;

для аспирантов с нарушениями опорно-двигательной функции предусматривается применение специальной компьютерной техники с соответствующим программным обеспечением, в том числе, специальные возможности операционных систем, таких, как экранная клавиатура и альтернативные устройства ввода информации.