

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Вятский государственный агротехнологический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Ректор, председатель приемной комиссии
ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ
_____ Е.С. Симбирских
«_____» _____ 2023 г.

ПРОГРАММА
вступительного испытания в аспирантуру по направлению подготовки
2.4.7 Турбомашины и поршневые двигатели

Киров 2023

Введение

Программа вступительных испытаний по специальной дисциплине для поступающих в аспирантуру по специальности 2.4.7 «Турбомашины и поршневые двигатели» составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к обязательному минимуму, необходимому для полноценной подготовки кадров высшей квалификации по данному направлению.

1. Цель вступительного испытания

Цель вступительного испытания: оценка соответствия поступающего требованиям, определенным Федеральным государственным требованием высшего образования по направлению подготовки 2.4.7 Турбомашины и поршневые двигатели, утверждённого приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20.10.2021 № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)» и паспорта ВАК РФ по специальности 2.4.7 Турбомашины и поршневые двигатели.

2. Задачи вступительного испытания

1. Оценить качество знаний поступающего в области направления подготовки;

2. Оценить уровень исследовательской и педагогической культуры поступающего в аспирантуру, склонность к научно-исследовательской и педагогической деятельности.

3. Оценить навыки будущего аспиранта, а именно, выяснить, способен ли он проводить научный анализ проблем, объективно оценивать теории, события, результаты собственного научного исследования, корректно и аргументировано вести дискуссию.

4. Уточнить область научных интересов и, по возможности, выявить мотивы поступления в аспирантуру (анализ мотива поступления способствует оптимизации процесса обучения).

Таким образом, поступающему в аспирантуру необходимо иметь глубокие знания программного содержания дисциплины, уметь логично излагать материал, иметь представления о публикациях в избранной области, ориентироваться в проблематике научных дискуссий и разных точках зрения на рассматриваемые проблемы.

3. Требования к реферату

При отсутствии опубликованных научных работ обязательным условием допуска к вступительному испытанию по специальности является подготовка реферата, который должен показать готовность поступающего к научной работе. Лица, получившие положительный отзыв на реферат или опубликованные научные работы, допускаются к вступительным испытаниям в аспирантуру.

Вступительный реферат является самостоятельной работой, содержащей обзор состояния сферы предполагаемого исследования (при отсутствии научных трудов). Объем реферата составляет 15-25 страниц печатного текста.

В реферате автор должен продемонстрировать четкое понимание проблемы, знание дискуссионных вопросов, связанных с ней, умение подбирать и анализировать фактический материал, умение сделать из него обоснованные выводы, наметить перспективу дальнейшего исследования.

4. Темы рефератов

1. Процессы сгорания и образования токсичных компонентов в цилиндре дизеля при работе на компримированном природном газе по газодизельному процессу.

2. Процессы сгорания и образования токсичных компонентов в цилиндре дизеля при работе на метаноле-топливных эмульсиях.

3. Процессы сгорания и образования токсичных компонентов в цилиндре дизеля при работе на этаноле-топливных эмульсиях.

4. Процессы сгорания и образования токсичных компонентов в цилиндре дизеля при работе на этаноле с двойной системой топливоподачи.

5. Процессы сгорания и образования токсичных компонентов в цилиндре дизеля при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи.

6. Процессы сгорания и образования токсичных компонентов в цилиндре дизеля при работе на этаноле и рапсе с двойной системой топливоподачи.

7. Системы комплексного снижения токсичности и дымности отработавших газов современных автотракторных дизелей.

8. Применение компримированного природного газа для снижения токсичности отработавших газов автотракторных дизелей.

9. Применение спиртовых топлив (этанол, метанол) для снижения токсичности отработавших газов автотракторных дизелей.

10. Применение эмульсий на основе дизельного топлива и спиртов (этанол, метанол) для снижения токсичности отработавших газов автотракторных дизелей.

11. Регулируемые системы газораспределения ДВС.

12. Методы повышения топливной экономичности бензиновых ДВС.

13. Двигатели постоянной мощности.

14. Методы определения и снижения мощности механических потерь.

15. Экологическая безопасность двигателя.
16. Современные электронные системы управления ДВС.
17. Гибридные силовые установки автомобильного транспорта.
18. Электронные системы управления впрыском топлива дизелей.
19. Способы газодинамического наддува.
20. Методы снижения нагрузки высокофорсированных двигателей.
21. Комбинированные способы наддува.
22. Особенности организации рабочего процесса при сжигании обедненных горючих смесей.
23. Методы обеспечения газодинамического совершенства проточных частей ДВС.
24. Альтернативные топлива биологического происхождения.
25. Аккумуляторные системы впрыска топлива в дизеле.

5. Компетентность поступающего в аспирантуру

Компетентность поступающего в аспирантуру должна подтвердить готовность и способность его к освоению компетенций, предусмотренных федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по направлению подготовки 2.4.7 Турбомашин и поршневые двигатели. Компетентность поступающего проверяется по следующим дисциплинам:

- Теория рабочих процессов в двигателях внутреннего сгорания и моделирование процессов ДВС.
- Конструкция ДВС. Конструирование и расчет ДВС.
- Динамика двигателей внутреннего сгорания.
- Системы питания ДВС.
- Наддув двигателей внутреннего сгорания.
- Основы научных исследований и испытания двигателей внутреннего сгорания.
- Химмотология.
- Основы теории горения.
- Образование токсичных веществ.
- Альтернативные энергетические установки.

6. Содержание программы

6.1 Теория рабочих процессов в двигателях внутреннего сгорания и моделирование процессов ДВС

Термодинамические циклы поршневых двигателей. Параметры рабочих циклов. Анализ показателей циклов. Циклы комбинированных двигателей.

Рабочие тела в ДВС. Топлива, окислители, их основные свойства. Реакции сгорания жидких и газообразных топлив. Совершенное, несовершенное, полное и неполное сгорания топлива. Стехиометрическое

количество воздуха, коэффициент избытка воздуха. Состав горючей смеси и продуктов сгорания. Теплота сгорания горючей смеси. Теплоемкость и внутренняя энергия смеси и продуктов сгорания.

Процессы газообмена в двигателях. Параметры рабочего тела в цилиндре в конце процессов выпуска и зарядки. Газообмен в 4-тактных двигателях. Фазы газораспределения. Процессы выпуска, наполнения, продувки и дозарядки цилиндра. Показатели процессов газообмена. Суммарный коэффициент избытка воздуха. Коэффициенты наполнения и остаточных газов.

Газообмен в 2-тактных двигателях. Действительная и геометрическая степень сжатия. Схемы газообмена. Основные периоды газообмена. Коэффициенты наполнения, остаточных газов, избытка продувочного тела, продувки, КПД очистки.

Процесс сжатия. Физические и химические процессы, протекающие в рабочем теле в процессе сжатия. Особенности процессов сжатия в двигателях с разделенными камерами сгорания.

Процессы смесеобразования в двигателях. Показатели качества горючей смеси. Внешнее и внутреннее смесеобразование. Испаряемость капель и пленок жидких топлив. Методы распыления жидких топлив и суспензий. Размеры капель и формы струи распыленного топлива. Объемное, пленочное, объемно-пленочное и послойное внутреннее смесеобразование.

Воспламенение горючих смесей. Распространение пламени по объему камер сгорания. Фазы сгорания. Концентрационные пределы распространения фронта пламени. Сгорание в разделенных и неразделенных камерах. Скорость распространения фронта пламени, характеристики тепловыделения, период задержки воспламенения, продолжительность сгорания, максимальные давления сгорания, скорости нарастания давлений. Расчет параметров рабочего тела в период сгорания. Экспериментальные методы исследования сгорания. Токсичность продуктов сгорания, способы ее снижения. Механизмы образования токсичных веществ. Оценка экологической безопасности двигателей по полному жизненному циклу. Стандарты ISO 14000.

Процесс расширения. Теплоотдача в стенки, догорание топлива. Расчет состояния рабочего тела в процессе расширения.

Индикаторные и эффективные показатели двигателей. Среднее индикаторное давление. Удельный индикаторный расход топлива, индикаторный КПД. Составляющие механических потерь. Среднее давление трения, мощность механических потерь, механический КПД. Среднее эффективное давление, эффективная мощность двигателя. Удельный, эффективный расход топлива, эффективный КПД двигателя.

Методы повышения эффективной мощности двигателя. Литровая мощность, поршневая мощность, комбинированные показатели. Наддув как способ повышения удельной мощности двигателя. Схемы комбинированных двигателей. Системы наддува.

Внешний и внутренний тепловой балансы двигателей. Составляющие теплового баланса. Теплоотдача в двигателях и теплонапряженность деталей.

Режимы работы и характеристики двигателей. Совместная работа двигателей и потребителей мощности. Способы регулирования работы двигателей (качественное, количественное, смешанное регулирование, регулирование изменением объема).

Оптимизация рабочего процесса двигателей. Критерии оптимизации. Ограничения при оптимизации. Параметры оптимизации.

6.2 Конструкция ДВС. Конструирование и расчет ДВС

Принципы работы и классификация поршневых двигателей. Особенности устройства и работы отдельных видов поршневых двигателей (мотокомпрессора, роторно-поршневого двигателя, дизель-молота, мотовибраторов, мото-компрессора и мотогенератора газа, двигателя с внешним подводом теплоты).

Общие принципы конструирования двигателей. Компоновочные схемы двигателей. Типаж, мощностные ряды, агрегатирование. Основные показатели, характеризующие конструкции двигателей. Полный жизненный цикл двигателя. Этапы проектирования, автоматизированное проектирование. CAE-технологии в двигателестроении. Современные системы CAD/CAM/CAE/PDM.

Методы расчетов на прочность деталей двигателей. Численные методы моделирования теплового и напряженно-деформированного состояния деталей. Метод конечных элементов. Выбор расчетных режимов. Оценка прочности узлов и деталей двигателя с учетом переменной механической и тепловой нагрузок. Параметры, характеризующие надежность двигателей.

Поршни, поршневые пальцы и кольца, расчет их теплового и напряженно-деформированного состояния.

Шатуны, стержни шатунов, поршневые и кривошипные головки шатунов, шатунные болты и расчет их на прочность.

Коленчатые валы и маховики, определение их основных размеров и расчет на прочность.

Подшипники скольжения и качения. Основы гидродинамической теории смазки. Несущая способность. Тепловой расчет.

Системы управления фазами газораспределения. Механический, пневмогидравлический и электромагнитный приводы клапанов. Компоновка клапанных механизмов. Расчет на прочность деталей механизма газораспределения.

Органы газораспределения двухтактных двигателей; золотниковое газораспределение.

Фундаментные рамы, стойки и станины, картеры и поддоны, анализ конструкций, материалы, расчет на прочность.

Цилиндры и блоки цилиндров, втулки и головки (крышки) цилиндров. Анализ конструкций, материалы, расчеты на прочность.

Перспективы развития поршневых двигателей.

6.3 Динамика двигателей внутреннего сгорания

Классификация преобразующих механизмов поршневых двигателей. Кинематика кривошипно-шатунного механизма. Силы и моменты, действующие в двигателе. Внутренняя и внешняя неуравновешенности двигателя. Способы балансировки двигателей.

Крутильные, продольные, изгибные и связанные колебания коленчатых валов, приводов систем газораспределения и топливоподачи. Уравнения колебаний. Крутильные колебания разветвленных систем. Определение амплитуд колебаний и напряжений при резонансе. Способы демпфирования колебаний в поршневых двигателях.

Шум и вибрации в двигателях, их источники. Допустимые уровни. Снижение шума и вибраций.

6.4 Системы питания ДВС

Топливные системы двигателей с внутренним смесеобразованием. Классификация. Состав и схемы линии низкого давления топливных систем. Топливоподающая аппаратура непосредственного действия.

Конструкция топливных насосов высокого давления. Проектирование и расчет топливного насоса высокого давления и его элементов.

Конструкции и расчет форсунок и насос-форсунок, их статические гидравлические характеристики, способы запираания форсунок. Проектирование и расчет форсунок. Гидродинамический расчет процесса подачи топлива.

Системы многотопливных двигателей и системы для подачи тяжелых топлив.

Аккумуляторные системы с электронным управлением. Системы с мультипликаторами давления. Электрогидравлические форсунки. Специальные насосы высокого давления.

Топливная аппаратура двигателей с внешним смесеобразованием. Способы подачи топлива. Карбюрация, впрыск и смесеобразование. Течение двухфазных смесей. Карбюраторы. Главная дозирующая и вспомогательные системы карбюратора. Многокамерные карбюраторы.

Системы впрыска бензина во впускной трубопровод. Пневмомеханическое и электронное регулирование. Центральный и распределенный впрыск. Конструкции, расчет насосов, форсунок, подогревателей и исполнительных устройств. Конструкции и свойства датчиков.

Системы впрыскивания бензина в цилиндр. Количественный и качественный способы регулирований мощности при непосредственном впрыске.

Системы питания газовых двигателей. Газовая аппаратура ДВС с принудительным и форкамерно-факельным зажиганием. Баллоны,

испарители, редукторы, регуляторы давления, газосмесители, клапаны. Системы топливоподачи газожидкостных двигателей. Системы питания газодизелей. Состав систем и способы управления, конструкции элементов.

6.5 Наддув двигателей внутреннего сгорания

Объемные компрессоры, характеристика и особенности работы. Принцип действия и рабочий процесс поршневого компрессора. Принцип действия и показатели роторных компрессоров. Принцип действия и особенности рабочего процесса роторно-винтового компрессора.

Центробежные компрессоры. Работа, затрачиваемая на сжатие воздуха. Процессы в P-V; i-S; T-S диаграммах. Коэффициенты полезного действия. Расчет проточной части компрессора. Входные устройства, типы, расчет параметров потока. Потери при течении воздуха через колесо. Течение воздуха в диффузоре. Лопаточный и безлопаточный диффузоры. Профилирование лопаток. Течение воздуха в сборниках и улитках.

Газовые турбины для наддува ДВС. Активные и реактивные, осевые и радиальные турбины. Истечение газа из сопел. Обтекание газом решетки лопаток, потери в решетках. Работа газа на окружности рабочего колеса и коэффициенты полезного действия. Расчет решетки сопловых и рабочих лопаток. Принципы профилирования лопаток. Безлопаточный сопловой аппарат центростремительной турбины.

Особенности работы компрессоров и турбин в составе комбинированного двигателя. Характеристики объемных и центробежных компрессоров и газовых турбин. Понятие об устойчивости работы центробежного и осевого компрессора. Помпаж. Регулирование турбокомпрессоров. Согласование характеристик поршневого двигателя и агрегатов наддува.

6.6 Основы научных исследований и испытания двигателей внутреннего сгорания

Понятие измерения. Ошибки измерений. Виды испытаний двигателей. ГОСТы на испытания.

Преобразование неэлектрических величин в электрические. Первичные преобразователи. Усилители. Формирователи. Аналого-цифровые преобразователи. Выходные устройства. Осциллографы, потенциометры, мосты. Регистрация результатов. Измерение времени.

Измерение стационарных и переменных давлений. Приемники статического и полного давления. Датчики для измерения быстропеременных давлений. Индицирование.

Измерение стационарных и мгновенных расходов жидкостей и газов. Измерение скорости нестационарных потоков жидкостей и газов. Термоанемометр и лазерный доплеровский измеритель скорости. Ионный анемометр.

Измерение стационарных и нестационарных температур и тепловых потоков в ДВС. Измерения температур в цилиндре двигателя. Токоъемники, бесконтактные способы передачи сигналов от датчиков.

Методы химического анализа газов в исследованиях ДВС. Классификация газоанализаторов. Дымомеры. Измерение содержания твердых частиц в выпускных газах.

Аппаратура и способы измерения шума и вибрации двигателя. Измерение общего уровня шума и уровня шума отдельных источников, боксов и лабораторий. Испытательные стенды. Гидравлические, электрические и индукторные тормоза и их характеристики. Согласование характеристик тормоза и двигателя. Автоматизированные измерительные комплексы. Интерфейс, средства сбора и первичной обработки сигналов, организация многоканального опроса и синхронизация.

Основные понятия математической теории эксперимента. Полные и дробные факторные планы. Планы для получения регрессий с взаимодействующими факторами. Центральные композиционные планы. Ортогональные и ротатабельные планы. Сверх насыщенные и насыщенные планы. Выделение существенных факторов. Отсеивающие эксперименты.

Моделирование двигателей. Виды моделей. Физическое моделирование. Критерии подобия, методы их получения. Математическое моделирование. Классификация математических моделей. Кибернетические модели.

Оценивание параметров математических моделей по результатам измерений. Общие положения теории оценивания. Вероятностный и гарантирующий методы.

6.7 Химмотология

Моторные нефтепродукты. Элементный, фракционный и групповой состав. Стабильность нефтепродуктов. Низкотемпературные свойства. Противопожарная безопасность. Токсичность нефтепродуктов.

Топлива для двигателей с принудительным воспламенением. Детонационная стойкость бензина и ее оценка. Методы определения октановых чисел. Ассортимент бензинов. Новые виды топлив.

Топливо для двигателей с воспламенением от сжатия. Классификация топлив. Воспламеняемость топлив и методы ее оценки. Цетановое число и его влияние на пуск и рабочий процесс дизеля. Присадки к топливам.

Синтетические топлива, спирты, растительные масла.

Газообразные топлива. Природные, попутные, промышленные и генераторные газы. Свойства газообразных топлив. Сжатые и сжиженные газы. Водород как топливо. Диметиловый эфир. Биогаз.

Использования каменного угля, горючих сланцев, древесины и других видов твердых топлив в ДВС.

Смазочные материалы и их классификация. Требования к моторным маслам. Присадки, улучшающие качество масел. Регенерация масел. Трансмиссионные масла, их классификация. Пластические смазки.

Охлаждающие жидкости. Требования к охлаждающим жидкостям. Низкозамерзающие охлаждающие жидкости. Антифризы, тосолы. Пусковые жидкости. Условия применения.

6.8 Основы теории горения

Экспериментальное исследование пламен. Измерения скорости. Измерения плотности. Измерения концентрации. Измерения температуры. Измерения давления. Измерения размера частиц. Одновременные измерения. Математическое описание ламинарных пламен предварительно перемешанной смеси. Уравнения сохранения для плоских ламинарных пламен предварительно перемешанной смеси. Уравнения тепло- и массопереноса. Описание фронта плоского ламинарного пламени предварительно перемешанной смеси.

Термодинамика процессов горения. Первый закон термодинамики. Стандартные энтальпии образования соединений. Теплоемкость. Второй закон термодинамики. Третий закон термодинамики. Критерии равновесия и термодинамические переменные. Равновесие в газовых смесях; химический потенциал. Определение равновесных составов в газовой фазе. Определение адиабатической температуры пламени.

Простая физическая модель процессов переноса. Теплопроводность в газах. Вязкость газов. Диффузия в газах. Термодиффузия, эффект Дюфо, диффузия под действием давления. Сравнение с экспериментом.

Химическая кинетика. Законы скорости и порядок реакции. Соотношение скоростей прямой и обратной реакций. Элементарные реакции, молекулярность реакции. Экспериментальные исследования элементарных реакций. Температурная зависимость констант скорости реакций. Зависимость констант скорости от давления. Поверхностные реакции.

Механизмы реакций. Характеристики механизмов реакций. Анализ механизмов реакций. Жесткость систем дифференциальных уравнений. Упрощение механизмов реакций. Радикально-цепные реакции.

Ламинарные пламена предварительно перемешанной смеси. Анализ распространения пламени Зельдовича. Численное решение уравнений сохранения. Структуры пламен. Скорости распространения пламени. Анализ чувствительности.

Ламинарные пламена предварительно не перемешанной смеси (ламинарные диффузионные пламена). Пламена предварительно не перемешанной смеси с противотоком. Ламинарные струйные пламена предварительно не перемешанной смеси. Пламена предварительно не перемешанной смеси с быстрыми химическими реакциями.

Процессы воспламенения. Тепловой взрыв: анализ Семенова. Тепловой взрыв: анализ Франк-Каменецкого. Самовоспламенение: пределы

воспламенения. Самовоспламенение: время задержки воспламенения. Зажигание, минимальная энергия зажигания. Искровое зажигание. Детонация.

Уравнения Навье-Стокса для трехмерных реагирующих потоков. Уравнения сохранения. Эмпирические законы. Приложение: некоторые определения и законы векторного и тензорного анализа.

Турбулентные реагирующие потоки. Некоторые фундаментальные явления. Прямое численное моделирование. Концепции моделирования турбулентности: функции плотности вероятности. Концепции моделирования турбулентности: усреднение по времени и усреднение по Фавру. Усредненные уравнения сохранения. Модели турбулентности. Усредненные скорости реакций. Модели разрушения вихрей. Моделирование крупномасштабных вихрей. Масштабы турбулентности.

Турбулентные пламена предварительно не перемешанной смеси. Пламена предварительно не перемешанной смеси с равновесной химией. Химические процессы, протекающие с конечной скоростью в предварительно не перемешанной смеси. Погасание пламени. Моделирование турбулентных пламен предварительно не перемешанной смеси с использованием формализма функции плотности вероятности.

Турбулентные пламена предварительно перемешанной смеси. Классификация пламен предварительно перемешанной смеси. Модели микроламинарного пламени. Скорость распространения турбулентного пламени. Погасание пламени. Другие модели турбулентного горения предварительно перемешанной смеси.

6.9 Образование токсичных веществ

Горение жидких и твердых топлив. Горение капель и аэрозолей. Горение угля.

Низкотемпературное окисление. Основные явления. Высокотемпературное окисление. Низкотемпературное окисление.

Образование окислов азота. Термический путь образования NO (образование NO по механизму Зельдовича). Быстрое образование NO (образование NO по механизму Фенимора). Образование NO из закиси азота. Превращение топливного азота в NO. Уменьшение выхода NO за счет модификации процесса горения. Каталитическое горение. Уменьшение выхода NO за счет процессов дожигания.

Образование углеводородов и сажи. Несгоревшие углеводороды. Образование полициклических ароматических углеводородов. Феноменологические подходы к процессу сажеобразования. Численное моделирование процесса сажеобразования.

6.10 Альтернативные энергетические установки

Виды альтернативных источников энергии. Применение их в современном мире. Положительные и отрицательные стороны.

Биомасса. Технологии получения биотоплива из биомассы. Применение биотоплива в промышленности. Перспектива биотоплива в будущем.

Ветровая энергия. Ветряки. Принцип их действия. Наиболее выгодные участки для расположения ветряков. Положительные и отрицательные стороны ветровой энергетики.

Энергия волн. Устройства для преобразования энергии волн. Энергия морских течений. Волновые электростанции.

Водородная энергетика. Получение водородного топлива. Области применения. Перспективы развития.

Геотермальная энергетика. Геотермальные электростанции. Принцип действия. Перспектива развития в России.

Солнечная энергетика. Солнечные батареи. Физические основы процессов преобразования солнечной энергии. КПД солнечного элемента.

Термоядерная энергетика. Ядерный синтез. Способы получения энергии. Области применения по всему миру. Достоинства и недостатки.

Гибридный автомобиль. Принцип работы. Виды установок на автомобилях. Применение в России и за рубежом. Типовые схемы гибридных двигателей. Сравнительные схемы с двигателем внутреннего сгорания.

Расчет режимов холостого хода и номинального. Определение максимального момента. Расчет рабочих характеристик. Электромагнитный расчёт. Расчет обмоток статора и ротора. Расчет напряжений витка и фазы. Определение активных и индуктивных сопротивлений. Источники энергии для электродвигателя.

Бензин, дизель и биотопливо, что лучше?! Влияние на экологичность окружающей среды. Создание нового экологического топлива и более экономичного автомобиля.

Достоинства и недостатки гибридных установок на автомобилях. Способы решения проблем. Перспективы для России.

7 Вопросы выносимые на испытания

1. Термодинамические циклы поршневых двигателей. Параметры рабочих циклов. Анализ показателей циклов. Циклы комбинированных двигателей.
2. Методы повышения эффективной мощности двигателя. Литровая мощность, поршневая мощность, комбинированные показатели. Наддув как способ повышения удельной мощности двигателя. Схемы комбинированных двигателей. Системы наддува.
3. Режимы работы и характеристики двигателей. Совместная работа двигателей и потребителей мощности. Способы регулирования работы двигателей (качественное, количественное, смешанное регулирование, регулирование изменением объема).
4. Принципы работы и классификация поршневых двигателей. Особенности устройства и работы отдельных видов поршневых двигателей

- (мотокомпрессора, роторно-поршневого двигателя, дизель-молота, мотовибраторов, мото-компрессора и мотогенератора газа, двигателя с внешним подводом теплоты).
5. Методы расчетов на прочность деталей двигателей. Численные методы моделирования теплового и напряженно-деформированного состояния деталей. Метод конечных элементов. Выбор расчетных режимов. Параметры, характеризующие надежность двигателей.
 6. Системы управления фазами газораспределения. Механический, пневмогидравлический и электромагнитный приводы клапанов. Компоновка клапанных механизмов. Расчет на прочность деталей механизма газораспределения.
 7. Классификация преобразующих механизмов поршневых двигателей. Кинематика кривошипно-шатунного механизма. Силы и моменты, действующие в двигателе. Внутренняя и внешняя неуравновешенности двигателя. Способы балансировки двигателей.
 8. Крутильные, продольные, изгибные и связанные колебания коленчатых валов, приводов систем газораспределения и топливоподачи. Уравнения колебаний. Крутильные колебания разветвленных систем. Определение амплитуд колебаний и напряжений при резонансе. Способы демпфирования колебаний в поршневых двигателях.
 9. Шум и вибрации в двигателях, их источники. Допустимые уровни. Снижение шума и вибраций.
 10. Конструкции и расчет форсунок и насос-форсунок, их статические гидравлические характеристики, способы запирания форсунок. Проектирование и расчет форсунок. Гидродинамический расчет процесса подачи топлива.
 11. Схемы и конструкции ГТД, ГТУ, и агрегатов наддува с использованием теплообменных устройств.
 12. Системы впуска и выпуска. Трубопроводы. Воздушные фильтры. Охладители наддувочного воздуха. Глушители шума на впуске и выпуске. Настройка систем. Методы расчета и анализ конструкций. Моделирование течений газа в газоздушном тракте двигателей.
 13. Объемные компрессоры, характеристика и особенности работы. Принцип действия и рабочий процесс поршневого компрессора. Принцип действия и показатели роторных компрессоров. Принцип действия и особенности рабочего процесса роторно-винтового компрессора.
 14. Повышение топливной экономичности за счет применения в конструкции ГТД теплообменных устройств.
 15. Особенности работы компрессоров и турбин в составе комбинированного двигателя. Характеристики объемных и центробежных компрессоров и газовых турбин. Понятие об устойчивости работы центробежного и осевого компрессора. Помпаж. Регулирование турбокомпрессоров. Согласование характеристик поршневого двигателя и агрегатов наддува.

16. Классификация топлив. Горючие смеси. Стехиометрический состав. Пределы воспламеняемости горючих смесей. Теплота сгорания топлив и горючих смесей.
17. Топлива для двигателей с принудительным воспламенением. Детонационная стойкость бензина и ее оценка. Методы определения октановых чисел. Ассортимент бензинов. Новые виды топлив.
18. Эксплуатационные требования к характеристикам дизельных топлив. Показатели свойства топлив, влияющие на подачу и смесеобразование. Фракционный состав дизельных топлив и его влияние на работу двигателя. Самовоспламеняемость дизельных топлив.
19. Системы питания газовых двигателей. Газовая аппаратура ДВС с принудительным и форкамерно-факельным зажиганием. Баллоны, испарители, редукторы, регуляторы давления, газосмесители, клапаны. Системы топливоподачи газожидкостных двигателей. Системы питания газодизелей. Состав систем и способы управления, конструкции элементов.
20. Теплообменные аппараты регенеративного типа. Теплоотдача теплообменных аппаратов поверхностного типа. Гидравлическое сопротивление теплообменных аппаратов. Особенности их конструкции. Основные характеристики и методики расчета.
21. Охлаждающие жидкости. Требования к охлаждающим жидкостям. Низкотемпературные охлаждающие жидкости. Антифризы, тосолы. Пусковые жидкости. Условия применения.
22. Преобразование неэлектрических величин в электрические. Первичные преобразователи. Усилители. Формирователи. Аналого - цифровые преобразователи. Выходные устройства. Осциллографы, потенциометры, мосты. Регистрация результатов. Измерение времени.
23. Классификация характеристик двигателя. Регулировочные характеристики двигателей с искровым зажиганием и с воспламенением от сжатия по составу смеси и углу опережения зажигания (подачи топлива). Нагрузочные характеристики. Скоростные характеристики. Винтовые характеристики. Тепловозные и многопараметровые характеристики.
24. Испытания ДВС. Параметры двигателей и их систем, определяемые при испытаниях. Погрешности измерений. Принципы преобразования неэлектрических величин в электрические сигналы. Принципы построения измерительных приборов и систем измерений.
25. Смесеобразование в двигателях с искровым зажиганием. Карбюрация. Скорость испарения топлива, влияние режима работы двигателя. Изменение параметров рабочего тела при испарении топлива. Регулировочные характеристики двигателя по составу смеси. Смесеобразование в двигателях с искровым зажиганием и расслоением заряда.

26. Нормальное сгорание в двигателях с искровым зажиганием. Фазы горения. Характеристики активного тепловыделения. Детонационное сгорание. Влияние различных факторов на развитие детонационного сгорания. Калильное зажигание.
27. Сгорание в дизелях. Фазы сгорания в дизелях. Особенности дизельного процесса. Определение длительности задержки воспламенения. Сгорание в дизелях с полуразделенными и разделенными камерами сгорания.
28. Основные понятия математической теории эксперимента. Полные и дробные факторные планы. Планы для получения регрессий с взаимодействующими факторами. Центральные композиционные планы.
29. Системы автоматического управления (САУ) и регулирования (САР). Двигатель и регулятор как элементы САР. Установившиеся и неустойчивые режимы работы.
30. Дифференциальное уравнение двигателя как объекта регулирования по частоте вращения. Регуляторы прямого действия. Конструктивные схемы и принцип действия.
31. Гибридный автомобиль. Принцип работы. Виды установок на автомобилях. Применение в России и за рубежом. Типовые схемы гибридных двигателей. Сравнительные схемы с двигателем внутреннего сгорания.
32. Виды альтернативных источников энергии. Применение их в современном мире. Положительные и отрицательные стороны. Биомасса. Технологии получения биотоплива из биомассы. Применение биотоплива в промышленности. Перспектива биотоплива в будущем.
33. Водородная энергетика. Получение водородного топлива. Области применения. Перспективы развития.
34. Газообразные топлива. Природные, попутные, промышленные и генераторные газы. Свойства газообразных топлив. Сжатые и сжиженные газы. Биогаз.
35. Образование окидов азота. Термический путь образования NO (образование NO по механизму Зельдовича). Быстрое образование NO (образование NO по механизму Фенимора). Образование NO из закиси азота. Превращение топливного азота в NO. Уменьшение выхода NO за счет модификации процесса горения. Каталитическое горение. Уменьшение выхода NO за счет процессов дожигания.
36. Образование углеводородов и сажи. Несгоревшие углеводороды. Образование полициклических ароматических углеводородов. Феноменологические подходы к процессу сажеобразования. Численное моделирование процесса сажеобразования.

8 Критерии оценки испытания

Экзаменационный тест содержит 40 вопросов. Оценка вступительных испытаний осуществляется в автоматическом режиме. Дополнительно проводится собеседование поступающего с членами экзаменационной

комиссии по вопросам, вынесенным на вступительные испытания. Максимальное количество баллов, полученных в результате собеседования, составляет 20 баллов. По итогам вступительного испытания методом тестирования и собеседования минимальное количество баллов составляет 40, а максимальное – 100.

9 Основная литература

1. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учеб пособие для вузов./ А. И. Колчин, В. П. Демидов. - 3 изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2003. – 496 с.:ил.
2. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Учебник для вузов.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.-720 с.
3. Комбинированные двигатели внутреннего сгорания: Учебник для студентов вузов./ Н. Д. Чайнов, Н. А. Иващенко, А. Н. Краснокутский, Л. Л. Мягков; Под ред. Н. Д. Чайнова.- М.: Машиностроение, 2008. – 496 с.
4. Двигатели внутреннего сгорания. В 4 кн. Кн.2. Теория поршневых и комбинированных двигателей. Учеб. по специальности "Двигатели внутреннего сгорания"/ Орлин А.С., Круглов М.Г., Вырубов Д.Н., Иващенко Н.А. и др.; Под ред Орлина А.С., Круглова М.Г. - 4-е издание, переработанное и дополненное.- М.: Машиностроение, 1983. - 372 с.
5. Двигатели внутреннего сгорания. В 4 кн. Кн.3. Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей: Учеб. по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Вырубов Д.Н., Ефимов С.И., Иващенко Н.А. и др.; Под ред Орлина А.С., Круглова М.Г. - 4-е издание, переработанное и дополненное.-М.:Машиностроение, 1984.- 384 с.
6. Двигатели внутреннего сгорания. В 4 кн. Кн.4. Системы поршневых и комбинированных двигателей: Учеб. по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / А.С. Орлин, М.Г. Круглов, Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко и др. Под ред. А.С.Орлина, М.Г. Круглова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1985.- 456 с.

10 Дополнительная литература

1. ГОСТ 14846-81 Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 42 с.
2. ГОСТ 18509-88 Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 77 с.
3. ГОСТ 8226-82 Топливо для двигателей. Исследовательский метод определения октанового числа. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 12 с.
4. ГОСТ 10373-75 Бензины автомобильные для двигателей. Методы детонационных испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1975. – 31 с.
5. ГОСТ 511-82 Топливо для двигателей. Моторный метод определения октанового числа. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 14 с.

6. Воинов А.Н. Сгорание в быстроходных поршневых двигателях. М.: Машиностроение, 1977. -277 с.
7. Астахов И.В. и др. Топливные системы и экономичность дизелей. М.: Машиностроение, 1990 - 288 с.
8. Крутов В.И. Автоматическое регулирование и управление ДВС. - М.: Машиностроение, 1989. - 416 с.
9. Попык К.Г. Динамика автомобильных и тракторных двигателей. М.; Высш. шк., 1970. – 326 с.
10. Круглов М.Г., Меднов А.А. Газовая динамика комбинированных двигателей внутреннего сгорания: Учеб.пособие. М.: Машиностроение, 1988. -359 с.
11. Горбунов В.В., Патрахальцев Н.Н. Токсичность двигателей внутреннего сгорания: Учеб.пособие. М.: Изд-во РУДН, 1998. -214 с.
12. Токсичность отработавших газов дизелей: монография / В.А. Марков, Р.М. Баширов, И.И.Габитов: М.: Изд-во МВТУ им.Баумана, 2002. – 374 с.
13. Байков Б.П. Турбокомпрессоры для наддува дизелей: Справочное пособие. Л.: Машиностроение, 1975. -196 с.
14. Покровский Г.П. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. М.: Машиностроение, 1985. – 200 с.
15. Райков И.Я. Испытания двигателей внутреннего сгорания: Учебник. М.: Высш. шк., 1975. 320 с.
16. Иващенко Н.А., Вагнер В.А., Грехов Л.В. Дизельные топливные системы с электронным управлением: Учебно-практическое пособие. Барнаул; Изд-во АлГТУ, 2000. – 111 с.
17. Николаенко А.В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей. – М.: Колос, 1992.- 413 с.
18. Артамонов М.Д., Морин М.М., Скворцов Г.А. Основы теории и конструирования автотракторных двигателей. М.: Высшая школа, 1978. – 134 с., ил.
19. Вихерт М.М. и др. Конструкция и расчет автотракторных двигателей. Под ред. Ю.А. Степанова. М.: Машиностроение, 1964. – 552 с., ил.
20. Дьяченко Н.Х., Костин А.К., Пугачев Г.П. Теория двигателей внутреннего сгорания: Рабочие процессы: учебник / Под. ред. Н.Х.Дьяченко. Л.: Машиностроение, 1974. – 551 с., ил.
21. Автомобильные и тракторные двигатели (теория, системы питания, конструкция и расчет) / И.М. Ленин, К.Г Райков.и др. Под ред. проф. И.М. Ленина. – М.: Высшая школа, 1976. - 656 с.

11 Учебно-методические разработки кафедры

1. Лиханов В.А., Гетманец Г.В. Социально-экологические проблемы автомобильного транспорта.- М.: Аспол, 1993. - 340 с.
2. Лиханов В.А., Сайкин А.М. Снижение токсичности автотракторных дизелей 2-е изд., испр. и доп. - М.: Колос, 1994. - 224 с.

3. Лиханов В.А. Природный газ как моторное топливо для тракторных дизелей. - Киров: Вятская ГСХА, 2002.- 280 с.
4. Исследование рабочих процессов в цилиндре газодизеля 4Ч 11,0/12,5 / В.А.Лиханов, Р.Р.Деветьяров, О.П.Лопатин, П.Н.Вылегжанин - Киров: Вятская ГСХА, 2004. -330 с.
5. Лиханов В.А., Лопатин О.П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизелей путем применения альтернативных видов топлива Киров: Вятская ГСХА, 2009.-500 с.
6. Лиханов В.А., Деветьяров Р.Р., Вылегжанин П.Н. Применение природного газа для работы дизеля Д-240: монография / Под общ. ред. проф. В.А.Лиханова.- Киров: ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА, 2015.- 270 с.

12 Программное обеспечение, интернет-ресурсы, электронные библиотечные системы

Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки	Доступность
http://e.lanbook.com	Электронно-библиотечная система издательства «Лань»	Содержит полнотекстовые учебники и учебные пособия
http://ftacademy.ru/science/pub/young/	Сборники трудов молодых ученых Вятской ГСХА	Доступны полнотекстовые версии статей
http://www.nlr.ru/	Сайт Российской Национальной библиотеки	Доступен электронный каталог фондов библиотеки, доступны издания из фондов библиотеки в виде графических материалов
http://www.consultant.ru/	Виртуальная справочно-правовая система компании Консультант Плюс	В некоммерческой интернет версии доступно федеральное и региональное законодательство, судебная практика и др.
http://www.sciencedirect.com/	Всемирная электронная база данных научных изданий	В бесплатном режиме доступен поиск по каталогам базы данных, доступны аннотации статей, выходные данные и координаты авторов
http://elibrary.ru/defaultx.asp	Научная электронная библиотека	В форме электронных каталогов по научным изданиям, авторам и научным организациям, содержит рефераты и полные тексты более 14 млн научных статей и публикаций

Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки	Доступность
www.biblioclub.ru	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»	Доступ открыт в читальном зале отдела научной литературы или с любого компьютера академии

Программа составлена с учетом требований Федерального государственного требования высшего образования по направлению подготовки 2.4.7 Турбомашин и поршневые двигатели, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20.10.2021 № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)».

Программу составил д.т.н., профессор В.А. Лиханов.