

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Волхонов Михаил Станиславович

Должность: Врио декана

Дата подписания: 30.08.2024 17:03:31

Уникальный программный ключ:

b2dc75470204bc2bfec58d577a1b983ee223ea27559d45aa8c272df0610c6c81

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромская государственная сельскохозяйственная академия»

Кафедра тракторов и автомобилей

**Фонд  
оценочных средств по дисциплине  
ТУРБОМАШИНЫ И ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ**

Каравеево 2024

Фонд оценочных средств предназначен для контроля знаний, умений и уровня приобретенных компетенций аспирантов по специальности: 2.4.7. Турбомашины и поршневые двигатели по дисциплине «Турбомашины и поршневые двигатели».

Составитель(и)

Заведующий кафедрой

### Паспорт фонда оценочных средств

Специальность: 2.4.7. Турбомашины и поршневые двигатели

Дисциплина: «Турбомашины и поршневые двигатели»

| № п/п  | Контролируемые дидактические единицы  | Контролируемые компетенции (или их части) | Количество тестовых заданий | Другие оценочные средства |                    |
|--------|---|---|-----------------------------|---------------------------|--------------------|
|        |   |   |                             | вид                       | количество заданий |
| 1      | Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания. | K1<br>K2<br>K4                            |                             | Вопросы для экзамена      | 13                 |
| 2      | Конструирование двигателей внутреннего сгорания.<br>Динамика двигателей.              | K1<br>K2<br>K4                            |                             | Вопросы для экзамена      | 15                 |
| 3      | Системы двигателей.<br>Агрегаты наддува двигателей.                                   | K1<br>K2<br>K4                            |                             | Вопросы для экзамена      | 21                 |
| 4      | Основы научных исследований и испытаний двигателей.                                   | K1<br>K2<br>K4                            |                             | Вопросы для экзамена      | 11                 |
| 5      | Автоматическое регулирование и управление двигателей внутреннего сгорания.            | K1<br>K2<br>K4                            |                             | Вопросы для экзамена      | 6                  |
| 6      | Химмотология.   | K1<br>K2<br>K4                            |                             | Вопросы для экзамена      | 8                  |
| Всего: |   |   |                             |                           | 74                 |

## Методика проведения контроля по проверке базовых знаний по дисциплине «Турбомашин и поршневые двигатели»

Контролируемые компетенции:

- способен к критическому анализу, оценке и синтезу новых и сложных идей; демонстрирует систематическое понимание области научной специализации и обучения в области турбомашин и поршневых двигателей на уровне методологии, а также владение методами, способами, технологиями при проведении исследований, связанных с указанной областью (К1);
- демонстрирует способность задумать, спланировать, осуществить и применить серьезный процесс исследований в области научной специализации и обучения в сфере турбомашин и поршневых двигателей с научной достоверностью, как под руководством более квалифицированного работника, так и самостоятельно (К2).
- способен общаться с коллегами, с широким научным сообществом и обществом в целом, вести научный диалог (дискуссии) в области научной специализации и обучения на темы, связанные со своей сферой профессиональных знаний в области турбомашин и поршневых двигателей, обеспечивая широкий охват знаний (К4).

**Тема 1:** Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания.

**Вопросы для зачета:**

1. Термодинамические циклы поршневых двигателей. Параметры рабочих циклов. Анализ показателей циклов. Циклы комбинированных двигателей.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Процесс сжатия. Физические и химические процессы, протекающие в рабочем теле в процессе сжатия. Особенности процессов сжатия в двигателях с разделенными камерами сгорания.
6. 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.
7. 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.
8. Процесс расширения. Теплоотдача в стенке, догорание топлива. Расчет состояния рабочего тела в процессе расширения.
9. 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.
10. Методы повышения эффективной мощности двигателя. Литровая мощность, поршневая мощность, комбинированные показатели. Наддув как способ повышения удельной мощности двигателя. Схемы комбинированных двигателей. Системы наддува.

11. Внешний и внутренний тепловой балансы двигателей. Составляющие теплового баланса. Теплоотдача в двигателях и теплонапряженность деталей.
12. Режимы работы и характеристики двигателей. Совместная работа двигателей и потребителей мощности. Способы регулирования работы двигателей (качественное, количественное, смешанное регулирование, регулирование изменением объема).
13. Оптимизация рабочего процесса двигателей. Критерии оптимизации. Ограничения при оптимизации. Параметры оптимизации.

**Тема 2:** Конструирование двигателей внутреннего сгорания. Динамика двигателей.

**Вопросы для зачета:**

1. 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).
2. Общие принципы конструирования двигателей. Компонентные схемы двигателей. Типаж, мощностные ряды, агрегатирование. Основные показатели, характеризующие конструкции двигателей. Полный жизненный цикл двигателя. Этапы проектирования, автоматизированное проектирование. CAD-технологии в двигателестроении. Современные системы CAD/CAM/CAE/PDM.
3. 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.
4. Поршни, поршневые пальцы и кольца, расчет их теплового и напряженно-деформированного состояния.
5. Шатуны, стержни шатунов, поршневые и кривошипные головки шатунов, шатунные болты и расчет их на прочность.
6. Коленчатые валы и маховики, определение их основных размеров и расчет на прочность.
7. Подшипники скольжения и качения. Основы гидродинамической теории смазки. Несущая способность. Тепловой расчет.
8. Системы управления фазами газораспределения. Механический, пневмогидравлический и электромагнитный приводы клапанов. Компонировка клапанных механизмов. Расчет на прочность деталей механизма газораспределения.
9. Органы газораспределения двухтактных двигателей; золотниковое газораспределение.
10. Фундаментные рамы, стойки и станины, картеры и поддоны, анализ конструкций, материалы, расчет на прочность.
11. Цилиндры и блоки цилиндров, втулки и головки (крышки) цилиндров. Анализ конструкций, материалы, расчеты на прочность.
12. Перспективы развития поршневых двигателей.
13. Классификация преобразующих механизмов поршневых двигателей. Кинематика кривошипно-шатунного механизма. Силы и моменты, действующие в двигателе. Внутренняя и внешняя неуравновешенности двигателя. Способы балансировки двигателей.
14. 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.
15. Шум и вибрации в двигателях, их источники. Допустимые уровни. Снижение шума и вибраций.

**Тема 3:** Системы двигателей. Агрегаты наддува двигателей.

**Вопросы для зачета:**

1. Топливные системы двигателей с внутренним смесеобразованием. Классификация. Состав и схемы линии низкого давления топливных систем. Топливоподающая аппаратура непосредственного действия.
2. Конструкция топливных насосов высокого давления. Проектирование и расчет топливного насоса высокого давления и его элементов.

3. Конструкции и расчет форсунок и насос-форсунок, их статические гидравлические характеристики, способы запираания форсунок. Проектирование и расчет форсунок. Гидродинамический расчет процесса подачи топлива.
4. Системы многотопливных двигателей и системы для подачи тяжелых топлив.
5. Аккумуляторные системы с электронным управлением. Системы с мультипликаторами давления. Электрогидравлические форсунки. Специальные насосы высокого давления.
6. 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.
7. 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.
8. Системы впрыскивания бензина в цилиндр. Количественный и качественный способы регулирования мощности при непосредственном впрыске.
9. 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.
10. Системы охлаждения. Классификация, основные схемы. Системы жидкостного охлаждения. Охлаждающие жидкости и их характеристики. Система воздушного охлаждения, схема, конструкция дефлекторов.
11. Системы смазки, классификация, схемы, элементы системы и расчет их характеристик.
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 газовоздушном тракте двигателей.
13. Способы пуска двигателей. Пусковые качества. Способы облегчения запуска.
14. Система энергоснабжения установок ДВС, электрическая система пуска. Системы зажигания. Параметры систем. Системы с механическим прерывателем и бесконтактными датчиками. Адаптивные системы. Системы зажигания в составе систем электронного управления двигателем.
15. Способы нейтрализации отработавших газов. Дожигание, каталитическая нейтрализация, химические поглотители. Трехкомпонентные нейтрализаторы. Рециркуляция отработавших газов.
16. Системы вторичного использования теплоты. Системы утилизации теплоты выпускных газов и охлаждающих жидкостей двигателей.
17. Системы диагностирования двигателей. Виды диагностики. Методы и возможности безразборной диагностики. Средства обеспечения диагностики двигателей и его систем.
18. 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.
19. 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.
20. 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 центробежной турбины.
21. 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.

### **Методика проведения промежуточного контроля**

Собеседование по контрольным вопросам по темам 1-3.

### **Критерии оценки:**

**Зачет** — выставляется аспиранту, давшему удовлетворительный ответ на один из контрольных вопросов по каждой теме.

**Тема 4:** Основы научных исследований и испытаний двигателей.

#### **Вопросы для зачета:**

1. Понятие измерения. Ошибки измерений. Виды испытаний двигателей. ГОСТы на испытания.
2. Преобразование неэлектрических величин в электрические. Первичные преобразователи. Усилители. Формирователи. Аналого-цифровые преобразователи. Выходные устройства. Осциллографы, потенциометры, мосты. Регистрация результатов. Измерение времени.
3. Измерение стационарных и переменных давлений. Приемники статического и полного давления. Датчики для измерения быстропеременных давлений. Индицирование.
4. Измерение стационарных и мгновенных расходов жидкостей и газов. Измерение скорости нестационарных потоков жидкостей и газов. Термоанемометр и лазерный доплеровский измеритель скорости. Ионный анемометр.
5. Измерение стационарных и нестационарных температур и тепловых потоков в ДВС. Измерения температур в цилиндре двигателя. Токосъемники, бесконтактные способы передачи сигналов от датчиков.
6. Методы химического анализа газов в исследованиях ДВС. Классификация газоанализаторов. Дымомеры. Измерение содержания твердых частиц в выпускных газах.
7. Аппаратура и способы измерения шума и вибрации двигателя. Измерение общего уровня шума и уровня шума отдельных источников.
8. Оборудование 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.
9. Основные понятия математической теории эксперимента. Полные и дробные факторные планы. Планы для получения регрессий с взаимодействующими факторами. Центральные композиционные планы. Ортогональные и ротатабельные планы. Сверхнасыщенные и насыщенные планы. Выделение существующих факторов. Отсеивающие эксперименты.
10. Моделирование двигателей. Виды моделей. Физическое моделирование. Критерии подобия, методы их получения. Математическое моделирование. Классификация математических моделей. Кибернетические модели.
11. Оценивание параметров математических моделей по результатам измерений. Общие положения теории оценивания. Вероятностный и гарантирующий методы.

**Тема 5:** Автоматическое регулирование и управление двигателей внутреннего сгорания.

#### **Вопросы для зачета:**

1. Системы автоматического управления (САУ) и регулирования (САР). Двигатель и регулятор как элементы САР. Установившиеся и неустойчивые режимы работы. Статические и динамические характеристики. Устойчивость двигателей, самовыравнивание.
2. Дифференциальное уравнение двигателя как объекта регулирования по частоте вращения. Передаточные функции и структурная схема двигателя. Динамические характеристики двигателя: переходные процессы, частотные характеристики. Регуляторы прямого действия. Статические характеристики. Регуляторы непрямого действия. Исполнительные устройства регуляторов. Серводвигатели. Конструктивные схемы и принцип действия. Передаточная функция и структурная схема.
3. Устойчивость САР. Критерии устойчивости Рауза—Гурвица, Михайлова, Найквиста, особенности их использования. Показатели работы САР. Прямые и косвенные показатели качества. Диаграмма Вышнеградского.
4. Нелинейные САР. Типовые нелинейности в САР двигателей. Особенности нелинейных САР – устойчивость и автоколебания.
5. Микропроцессорные устройства в системах управления двигателями. Элементы систем управления. Системы управления наддувом, газораспределением, рециркуляцией отработавших газов.

6. Автоматизация двигателей. Задачи автоматизации двигателей различного назначения. Степени автоматизации двигателей. Автоматическая защита, сигнализация, диагностирование. Автоматизация пуска и остановки. Дистанционное управление.

**Тема 6:** Химмотология.

**Вопросы для зачета:**

1. Моторные нефтепродукты. Элементный, фракционный и групповой состав. Стабильность нефтепродуктов. Низкотемпературные свойства. Противопожарная безопасность. Токсичность нефтепродуктов.
2. Топлива для двигателей с принудительным воспламенением. Детонационная стойкость бензина и ее оценка. Методы определения октановых чисел. Ассортимент бензинов. Новые виды топлив.
3. 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.
4. Синтетические топлива, спирты, растительные масла.
5. Газообразные топлива. Природные, попутные, промышленные и генераторные газы. Свойства газообразных топлив. Сжатые и сжиженные газы. Водород как топливо. Диметиловый эфир. Биогаз.
6. Использование каменного угля, горючих сланцев, древесины и других видов твердых топлив в ДВС.
7. Смазочные материалы и их классификация. Требования к моторным маслам. Присадки, улучшающие качество масел. Регенерация масел. Трансмиссионные масла, их классификация. Пластические смазки.
8. Охлаждающие жидкости. Требования к охлаждающим жидкостям. Низкотемпературные охлаждающие жидкости. Антифризы, тосолы. Пусковые жидкости. Условия применения.

**Методика проведения промежуточного контроля**

Собеседование по контрольным вопросам по темам 4-6.

**Критерии оценки:**

**Зачет** — выставляется аспиранту, давшему удовлетворительный ответ на один из контрольных вопросов по каждой теме.