

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
Набережночелнинский институт (филиал)

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор –  
Проректор по научной деятельности

Тагорский

«27»



### ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности программы аспирантуры

Научная специальность: **2.4.7 – Турбомашинны и поршневые двигатели**

Высшая инженерная школа  
Кафедра автомобилей, автомобильных двигателей и дизайна

Казань 2023 г.

## Цель и задачи кандидатского экзамена по специальности 2.4.7 Турбомашины и поршневые двигатели

**Цель:** кандидатского экзамена по дисциплине 2.4.7 «Турбомашины и поршневые двигатели» – определить уровень общей личностной культуры, профессиональной компетенции, теоретической подготовленности, установить глубину профессиональных знаний соискателя ученой степени, уровень подготовленности аспиранта (соискателя) к самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области энергетического машиностроения.

### Задачами является выявление:

- выявить уровень знаний общих компетенций теоретических исследований тепловых, газодинамических, гидравлических, механических, физико-химических и информационных процессов, протекающих в цилиндрах и системах поршневых двигателей внутреннего сгорания;
- выявить уровень знаний методологических вопросов экспериментальных исследований от постановки задачи, научного поиска, выбора метода и технических средств исследований, планирования, проведения эксперимента, обработки результатов исследований, их анализа, обобщения и оформления результатов эксперимента;
- определить уровень знаний в вопросах математического моделирования процессов, протекающих в двигателях внутреннего сгорания;
- установить способности соискателя в области проектирования и конструирования тепловых двигателей и их систем;
- определить уровень компетенции в области особенностей функционирования тепловых двигателей в составе энергетических установок наземного транспорта, мобильных и стационарных энергоустановок и средств малой механизации;
- выявить уровень компетенций в области совершенствования конкурентоспособности отечественных двигателей и технических объектов, использующих тепловые двигатели в качестве преобразователей энергии.

### Основные требования:

- может дать определение;
- может сформулировать требования;
- имеет собственные оценочные суждения;
- оперирует научной терминологией;
- понимает основные положения;
- умеет аргументировать;
- может привести примеры;
- осведомлен о современных достижениях в двигателестроении.

### Порядок проведения кандидатского экзамена

#### Содержание кандидатского экзамена

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Раздел 1. Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания	<b>Термодинамические циклы</b> поршневых двигателей. Параметры рабочих циклов. Анализ показателей циклов. Циклы комбинированных двигателей. <i>Рабочие тела</i> в ДВС. Топлива, их основные свойства. Реакции сгорания жидких и газообразных топлив. 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 распыливания 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.

		<p><b>Внешний и внутренний тепловой балансы</b> двигателей. Составляющие теплового баланса. Теплоотдача в двигателях и теплонапряженность деталей.</p> <p><b>Режимы работы и характеристики двигателей.</b> Совместная работа двигателей и потребителей мощности. Способы регулирования работы двигателей (качественное, количественное, смешанное регулирование, изменение рабочего объема).</p> <p><b>Оптимизация рабочего процесса двигателей.</b> Критерии оптимизации. Ограничения при оптимизации. Параметры оптимизации.</p>
2.	Раздел 2. Конструирование двигателей внутреннего сгорания	<p><b>Принципы работы и классификация</b> поршневых двигателей. Особенности устройства и работы отдельных видов поршневых двигателей (роторно-поршневого двигателя, дизель-молота, двигателя с внешним подводом теплоты).</p> <p><b>Общие принципы конструирования</b> двигателей. Компонентные схемы двигателей. Типаж, мощностные ряды. Основные показатели, характеризующие конструкции двигателей. Полный жизненный цикл двигателя. Этапы проектирования и автоматизированное проектирование. CAE-технологии в двигателестроении. Системы CAD/CAM/CAE/PDM.</p> <p><b>Методы расчетов на прочность</b> 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.</p> <p><b>Поршни, поршневые пальцы и кольца</b>, расчет их теплового и напряженно-деформированного состояния.</p> <p><b>Шатуны</b>, стержни шатунов, поршневые и кривошипные головки шатунов, шатунные болты и расчет их на прочность.</p> <p><b>Коленчатые валы и маховики</b>, определение их основных размеров и расчет на прочность.</p> <p><b>Подшипники скольжения</b> и качения. Основы гидродинамической теории смазки. Несущая способность. Тепловой расчет.</p> <p><b>Системы управления фазами газораспределения.</b> Механический, пневмогидравлический и электромагнитный приводы клапанов. Компонентка клапанных механизмов. Расчет на прочность деталей механизма газораспределения.</p> <p><b>Органы газораспределения</b> двухтактных двигателей; золотниковое газораспределение.</p> <p><b>Цилиндры, блоки цилиндров, гильзы и головки цилиндров.</b> Анализ конструкций, материалы, расчеты на прочность.</p> <p><b>Перспективы развития</b> поршневых двигателей.</p>

3.	Раздел 3. Динамика двигателей	<p><b>Классификация преобразующих механизмов поршневых двигателей.</b> Кинематика кривошипно-шатунного механизма. Силы и моменты, действующие в двигателе. Внутренняя и внешняя неуравновешенности двигателя и балансировка двигателей.</p> <p><b>Крутильные, продольные, изгибные и связанные колебания</b> 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.</p> <p><b>Шум и вибрации в двигателях, их источники.</b> Допустимые уровни. Снижение шума и вибраций.</p>
4.	Раздел 4. Системы двигателей	<p><b>Топливные системы двигателей с внутренним смесеобразованием.</b> Классификация. Состав и схемы линии низкого давления топливных систем. Топливоподающая аппаратура непосредственного действия.</p> <p><b>Конструкция топливных насосов</b> высокого давления. Проектирование и расчет ТНВД и его элементов.</p> <p><b>Конструкции и расчет форсунок и насос-форсунок,</b> их статические гидравлические характеристики, способы запирания форсунок. Проектирование и расчет форсунок. Гидродинамический расчет процесса подачи топлива.</p> <p><b>Аккумуляторные системы</b> с электронным управлением. Системы с мультипликаторами давления. Электрогидравлические форсунки. Специальные насосы высокого давления.</p> <p><b>Топливная аппаратура двигателей с внешним смесеобразованием.</b> Способы подачи топлива. Карбюрация, впрыск и смесеобразование. Течение двухфазных смесей. Карбюраторы. Главная дозирующая и вспомогательные системы карбюратора. Многокамерные карбюраторы.</p> <p><b>Системы впрыска бензина во впускной трубопровод.</b> Пневмомеханическое и электронное регулирование. Центральный и распределенный впрыск. Конструкции, расчет насосов, форсунок, подогревателей и исполнительных устройств. Конструкции и свойства датчиков.</p> <p><b>Системы впрыска бензина в цилиндр.</b> Количественный и качественный способы регулирований мощности при непосредственном впрыске.</p> <p><b>Системы питания газовых двигателей.</b> 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, конструкция элементов.</p> <p><b>Системы охлаждения.</b> Классификация, основные схемы. Системы жидкостного охлаждения. Охлаждающие жидкости и их характеристики. Система воздушного охлаждения, схема, конструкция дефлекторов.</p> <p><b>Системы смазки,</b> классификация, схемы, элементы системы и расчет их характеристик.</p>

		<p><b>Системы впуска и выпуска.</b> 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.</p> <p><b>Способы пуска</b> двигателей. Пусковые качества. Электрическая система пуска. Способы облегчения запуска.</p> <p><b>Система энергоснабжения</b> установок ДВС. Системы зажигания. Параметры систем. Системы с механическим прерывателем и бесконтактными датчиками. Адаптивные системы. Системы зажигания в составе систем электронного управления двигателем.</p> <p><b>Способы нейтрализации</b> отработавших газов. Дожигание, каталитическая нейтрализация, химические поглотители. Трехкомпонентные нейтрализаторы. Рециркуляция отработавших газов.</p> <p><b>Системы вторичного использования</b> теплоты. Системы утилизации теплоты выпускных газов и охлаждающих жидкостей двигателей.</p> <p><b>Системы диагностирования</b> двигателей. Виды диагностики. Методы и возможности безразборной диагностики. Средства обеспечения диагностики двигателей и его систем.</p>
5.	Раздел 5. Агрегаты наддува двигателей	<p><b>Объемные компрессоры,</b> 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.</p> <p><b>Центробежные компрессоры.</b> 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 рабочее колесо. Течение воздуха в диффузоре. Лопаточный и безлопаточный диффузоры. Профилирование лопаток.</p> <p><b>Газовые турбины</b> для наддува ДВС. Осевые и радиальные турбины. Обтекание газом лопаток. Работа газа на окружности рабочего колеса и коэффициенты полезного действия. Расчет лопаток. Принципы профилирования лопаток. Безлопаточный сопловой аппарат центробежной турбины.</p> <p><b>Особенности работы ТКР</b> 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.</p>

6.	Раздел 6. Основы научных исследований и испытаний двигателей	<p><b>Понятие измерения.</b> Ошибки измерений. Виды испытаний двигателей. ГОСТы на испытания.</p> <p><b>Преобразование неэлектрических величин в электрические.</b> Первичные преобразователи. Усилители. Формирователи. Аналого-цифровые преобразователи. Выходные устройства. Осциллографы, потенциометры, мосты. Регистрация результатов. Измерение времени.</p> <p><b>Измерение стационарных и переменных давлений.</b> Приемники статического и полного давления. Датчики для измерения быстропеременных давлений. Индицирование.</p> <p><b>Измерение стационарных и мгновенных расходов жидкостей и газов.</b> Измерение скорости нестационарных потоков жидкостей и газов. Термоанемометр и лазерный доплеровский измеритель скорости. Ионный анемометр.</p> <p><b>Измерение стационарных и нестационарных температур</b> и тепловых потоков в ДВС. Измерения температур в цилиндре двигателя. Токосъемники, бесконтактные способы передачи сигналов от датчиков.</p> <p><b>Методы химического анализа газов</b> в исследованиях ДВС. Классификация газоанализаторов. Дымомеры. Измерение содержания твердых частиц в выпускных газах.</p> <p><b>Аппаратура и способы измерения шума и вибрации</b> двигателя. Измерение общего уровня и уровня шума отдельных источников.</p> <p><b>Оборудование боксов и лабораторий.</b> 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.</p> <p><b>Основные понятия математической теории эксперимента.</b> Полные и дробные факторные планы. Планы для получения регрессий с взаимодействующими факторами. Центральные композиционные планы. Ортогональные и ротатабельные планы. Сверхнасыщенные и насыщенные планы. Выделение существенных факторов. Отсеивающие эксперименты.</p> <p><b>Моделирование двигателей.</b> Виды моделей. Физическое моделирование. Критерии подобия, методы их получения. Математическое моделирование. Классификация математических моделей. Кибернетические модели.</p> <p><b>Оценивание параметров математических моделей</b> по результатам измерений. Общие положения теории оценивания. Вероятностный и гарантирующий методы.</p>
7.	Раздел 7. Автоматическое регулирование и управление двигателями внутреннего	<p><b>Системы автоматического управления (САУ)</b> и регулирования (САР). Двигатель и регулятор как элементы САР. Установившиеся и неустойчивые режимы работы. Статические и динамические характеристики. Устойчивость двигателей, самовыравнивание.</p> <p><b>Дифференциальное уравнение двигателя</b> как объекта</p>

	сгорания	<p>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.</p> <p><b>Устойчивость САР.</b> Критерии устойчивости Рауза-Гурвица, Михайлова, Найквиста. Показатели работы САР. Прямые и косвенные показатели качества. Диаграмма Вышнеградского.</p> <p><b>Нелинейные САР.</b> Типовые нелинейности в САР двигателей. Особенности нелинейных САР - устойчивость и автоколебания.</p> <p><b>Микропроцессорные устройства</b> в системах управления двигателями. Элементы систем управления. Системы управления наддувом, газораспределением, рециркуляцией отработавших газов.</p> <p><b>Автоматизация двигателей.</b> Задачи автоматизации двигателей различного назначения. Степени автоматизации двигателей. Автоматическая защита, сигнализация, диагностирование. Автоматизация пуска и остановки. Дистанционное управление.</p>
8.	Раздел 8. Химмотология	<p><b>Моторные нефтепродукты.</b> Элементный, фракционный и групповой составы. Стабильность нефтепродуктов. Низкотемпературные свойства. Противопожарная безопасность. Токсичность нефтепродуктов.</p> <p><b>Топлива для двигателей с принудительным воспламенением.</b> Детонационная стойкость бензина и ее оценка. Методы определения октановых чисел. Ассортимент бензинов. Новые виды топлив.</p> <p><b>Топливо для двигателей с воспламенением от сжатия.</b> Классификация топлив. Воспламеняемость топлив и методы ее оценки. Цетановое число и его влияние на пуск и рабочий процесс дизеля. Присадки к топливам.</p> <p><b>Синтетические топлива,</b> спирты, растительные масла.</p> <p><b>Газообразные топлива.</b> Природные, попутные, промышленные, генераторные газы. Свойства газообразных топлив. Сжатые и сжиженные газы. Водород как топливо. Диметиловый эфир. Биогаз.</p> <p><b>Смазочные материалы и их классификация.</b> Требования к моторным маслам. Присадки, улучшающие качество масел. Регенерация масел. Трансмиссионные масла. Классификация трансмиссионных масел. Пластические смазки.</p> <p><b>Охлаждающие жидкости.</b> Требования к охлаждающим жидкостям. Низкотемпературные охлаждающие жидкости. Антифризы, тосолы. Пусковые жидкости. Условия применения.</p>



### **Структура и формы проведения кандидатского экзамена**

1. Кандидатский экзамен проводится в письменной форме в установленное время. Дата и место проведения кандидатского экзамена назначается распоряжением председателя приемной комиссии, которое оформляется секретарем в установленном порядке, вывешивается на стенде кафедры и доводится до сведения аспирантов в электронном виде и по телефону заранее, как минимум за 2 недели до указанного срока экзамена.
2. Продолжительность проведения кандидатского экзамена составляет 6 часов.
3. Процедура проводится в соответствии с регламентом проведения госэкзамена.
4. Комиссия проводит рассмотрение и обсуждение результатов проведенных экзаменов, согласовывает и дает окончательную оценку. Окончательные результаты кандидатских экзаменов оформляются протоколом заседания комиссии в установленном порядке не позднее следующего дня после даты проведения экзамена и доводятся на собрании до сведения всех заинтересованных лиц.

### **Критерии оценивания**

Ответ оценивается на **«отлично»**, если аспирант (соискатель):

1. Полностью раскрыл проблему, изложенную в задании;
2. Может грамотно проанализировать и аргументировать свои выводы;
3. Показал свою компетенцию в области перспектив совершенствования колесные и гусеничных машин;

Ответ оценивается на **«хорошо»**, если аспирант (соискатель):

1. Тема вопроса раскрыта практически полностью. Имеются незначительные упущения;
2. Может сформулировать проблему, цели и задачи исследований;
3. Хорошо владеет научной терминологией.

Ответ оценивается на **«удовлетворительно»**, если аспирант (соискатель):

1. Проблему раскрыл не более чем наполовину;
2. Не может четко сформулировать проблему;
3. Путается в научной терминологии.

Ответ оценивается на **«неудовлетворительно»**, если аспирант (соискатель):

1. Тему вопроса экзамена не раскрыл;
2. Не может сформулировать и привести доказательства;
3. Не владеет научно – педагогической и предметной терминологией.

### **Вопросы программы кандидатского экзамена по научной специальности 2.4.7 «Турбомашины и поршневые двигатели»**

#### **Вопросы кандидатского экзамена**

#### **Раздел 1.**

1. Рабочий цикл комбинированного 4-х тактного ДВС. Анализ показателей цикла.
2. Основные показатели рабочего процесса ДВС. Показатели совершенства термодинамического цикла. Оценка.
3. Газообмен в 4-х тактных двигателях. Показатели процесса. Оценка.
4. Газообмен в 2-х тактных двигателях. Схемы газообмена. Показатели процесса. Оценка.
5. Процессы смесеобразования в ДВС. Общая классификация. Особенности процессов смесеобразования дизелей. Оценка перспективности.
6. Процессы сгорания и тепловыделения в ДВС. Показатели процесса сгорания в дизеле. Характеристика тепловыделения дизеля.
7. Токсичность продуктов сгорания ДВС. механизмы образования токсичных веществ. Законодательные требования к выбросам ОГ. Требования специального технического регламента и Правил ЕЭК ООН по токсичности ОГ.

- Индикаторные и эффективные показатели двигателей. Влияние различных факторов на индикаторные показатели.
- Методы повышения эффективной мощности ДВС. Анализ перспектив применения различных способов. Оценка. Обоснование. Выводы.
- Наддув как метод форсирования ДВС. Обоснование широкого применения. Оценка дальнейших перспектив развития метода.
- Наддув ДВС. Схемы систем наддува. Анализ преимуществ и недостатков различных систем наддува. Оценка.

#### **Раздел 2.**

- Классификация ДВС. Общие принципы конструирования ДВС. Компоновочные схемы. Принципы конструирования. Основные показатели, характеризующие совершенство конструкции ДВС.
- Роторно - поршневые ДВС. История развития (желательно). Особенности конструкции и протекания рабочего процесса РПД. Анализ преимуществ, недостатков и перспектив применения.
- Разработать программу работ по созданию нового продукта (двигателя внутреннего сгорания) по требованиям конкретного потребителя. Представить алгоритм. Показать, доказать и обосновать этапы жизненного цикла. Оценить перспективы.
- Оценка прочности деталей и узлов двигателя. Методы оценки. Выбор расчетных режимов. Оценка параметров надежности.
- Системы управления фазами ГРМ. Рассмотреть схемы и компоновки механизмов ГРМ. Оценить.
- Рассмотреть основные перспективы развития тепловых двигателей в качестве основного элемента энергетической установки для наземного транспорта, мобильных и стационарных установок данном этапе развития. Провести анализ.

#### **Раздел 3.**

- Топливные системы двигателей с искровым зажиганием. Системы впрыска бензина.
- Классификация преобразующих механизмов ДВС. Кинематика КШМ. Неуравновешенность ДВС. Способы балансировки двигателей. Анализ.
- Крутильные колебания валов и приводов систем газораспределения и топливоподачи. Резонанс. Способы демпфирования колебаний в поршневых двигателях.
- Шум и вибрация в ДВС. Источники. Способы снижения шума и вибраций.

#### **Раздел 4.**

- Топливоподача в дизелях. Схемы систем. Конструкция различных видов ТНВД.
- Топливоподача в дизелях. Система «Common -Rail». Схема. Конструкция основных элементов.
- Требования к топливной аппаратуре современных дизелей. Основные тенденции д Системы впрыскивания бензина в двигателях легкого топлива. Впрыск бензина во впускной трубопровод (центральный и распределенный впрыск). Конструкция основных элементов. Особенности. Перспективы развития.
- Система непосредственного впрыскивания бензина. Способы регулирования мощности двигателя при непосредственном впрыске бензина. Анализ.
- Системы впуска и выпуска. Схемы систем. Анализ конструкций. Методы расчета и настройка систем газоснабжения.
- Системы питания газовых двигателей. Конструкция основных элементов. Особенности. Перспективы.
- Способы нейтрализации отработавших газов. Современные системы нейтрализации ОГ. Схемы систем. Принципы работы. Перспективы.

#### **Раздел 5.**

- Особенности работы ТКР в составе комбинированного двигателя. Помпаж. Согласование работы ТКР с поршневой частью.
- Регулирование ТКР. Необходимость. Способы регулирования. Анализ. Общие выводы.

3. Охладители наддувочного воздуха (ОНВ). Назначение. Особенности конструктивного исполнения и их оценка. Параметры оценки эффективности ОНВ. Выводы. Перспективы.

#### Раздел 6.

1. ГОСТы на проведение испытаний двигателей. Виды испытаний. Понятие измерений. Ошибки измерений. Виды ошибок и оценка точности измерений.
2. Разработка программы экспериментальных исследований. Согласование характеристик тормозной установки и двигателя. Подбор тормоза. Обоснование и подбор аппаратуры для проведения испытаний. Уточнение методики проведения испытаний.
3. Многофакторный эксперимент. Необходимость. Выделение существенных факторов. Планы многофакторных экспериментов. Обзор. Обоснование выбора конкретного варианта плана.

#### Раздел 7.

1. Системы САУ и САР. Режимы работы двигателя. Переходные процессы работы двигателя. Критерии устойчивости. Особенности их использования. Регуляторы прямого и непрямого действия. Их характеристики. Исполнительные устройства. Серводвигатели.
2. Автоматизация двигателей. Степень автоматизации. Задачи. Автоматическая защита, сигнализация, диагностирование. Дистанционное управление.

#### Раздел 8.

1. Топлива для ДВС. Детонационная стойкость бензина и ее оценка. Методы определения октановых чисел. Воспламеняемость топлив и методы ее оценки. Цетановое число и его влияние на пуск и рабочий процесс дизеля. Присадки к топливам. Новые виды топлив.

### Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы кандидатского экзамена в аспирантуру по научной специальности 2.4.7 «Турбомашин и поршневые двигатели»

№	Название	Автор	Вид издания (монография, диссертация, учебник, учебное пособие и др.)	Место издания, издательство, кол-во страниц
1	Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн.1. Теория рабочих процессов	Луканин В.Н., Морозов К.А., Хачиян А.С. и др.; Под ред. Луканина В.Н.	Учебник для вузов	М.: Высшая школа, 1995.
2	Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн.2. Динамика и конструирование	Луканин В.Н., Алексеев И.В., Шатров М.Г. и др.; Под ред. Луканина В.Н.	Учебник для вузов	М.: Высшая школа, 1995.
3	Конструирование двигателей внутреннего сгорания	Чайнов Н.Д., Иващенко Н.А., Краснокутский А.Н., Мягков Л.Л.; Под ред. Чайнова Н.Д.	Учебник для вузов	М.: Машиностроение, 2008.
4	Теория поршневых двигателей	Кавтарадзе Р.З.	Учебник для вузов	М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008.
5	Топливная	Грехов Л.В.,	Учебник для вузов	М.: Легион-

	аппаратура и системы управления дизелей	Иващенко Н.А., Марков В.А.		Автодата, 2005.
6	Прикладная теория колебаний в автомобиле- и двигателестроении	Никишин В.Н.	Учебное пособие	ФГБОУ ВПО «Кам. гос.инж.-экон. акад.», 2012.
7	Подшипники скольжения в автомобиле- и двигателестроении	Никишин В.Н., Белоконь К.Г., Сибиряков С.В.; Под.ред Никишина В.Н.	Учебное пособие	ФГБОУ ВПО «Кам. гос.инж.-экон. акад.», 2012.
8	Экологическая безопасность автомобиля и двигателя	Белоконь К.Г., Никишин В.Н.  Под. ред Никишина В.Н.	Учебное пособие	Казань: Изд-во Казан. Ун-та, 2016.
6	Сгорание в быстроходных поршневых двигателях.	Воинов А.Н.		М.: Машиностроение, 1977.
7	Топливные системы и экономичность дизелей.	Астахов И.В. и др.		М.: Машиностроение, 1990.
8	Автоматическое регулирование и управление ДВС.	Крутов В.И.		М.: Машиностроение, 1989.
9	Динамика автомобильных и тракторных двигателей.	Попык К.Г.		М.: Высшая школа, 1972.
10	Газовая динамика комбинированных двигателей внутреннего сгорания	Круглов М.Г., Меднов А.А.	Учебное пособие.	М.: Машиностроение, 1988.
11	Токсичность двигателей внутреннего сгорания	Горбунов В.В., Патрахальцев Н.Н.	Учебное пособие	М.: Изд-во РУДН, 1998.
12	Токсичность отработавших газов	Марков В.А., Баширов Р.М., Кислов В.Г. и др.		Уфа: Изд-во БГАУ, 2000.
13	Турбокомпрессоры для наддува дизелей	Байков Б.П.	Справочное пособие	Л.: Машиностроение, 1985.

14	Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости	Покровский Г.П.		М.: Машиностроение, 1985.
15	Испытания двигателей внутреннего сгорания	Райков И.Я.	Учебник	М.: Высшая школа, 1975.
16	Дизельные топливные системы электронным управлением.	Ивашенко Н.А., Вагнер В.А., Грехов Л.В.	Учебно-практическое пособие	Барнаул: Изд-во АлГТУ, 2000.

### Основная литература

1. Стуканов В. А. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. А. Стуканов. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2014. - 368 с. : ил. - В пер. - ISBN 978-5-8199-0113-7. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=464905>.
2. Якубович А. И. Системы охлаждения тракторных и автомобильных двигателей. Конструкция, теория, проектирование учебное пособие / А. И. Якубович, Г. М. Кухаренок, В. Е. Тарасенко. - Москва : ИНФРА-М ; Мн. : Новое знание, 2014 - 473 с.: ил. - (Высшее образование : Магистратура). - В пер. - ISBN 978-985-475-620-2. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=435683>.
3. Гоц А. Н. Расчеты на прочность деталей ДВС при напряжениях, переменных во времени [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Гоц. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва : Форум : ИНФРА-М, 2013. - 208 с. - (Высшее образование : Бакалавриат). - ISBN 978-5-91134-746-8. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=406090>

### Дополнительная литература

1. Стуканов В. А. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. А. Стуканов. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2014. - 368 с. : ил. - В пер. - ISBN 978-5-8199-0113-7. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=464905>.
2. Салов Н. Н. Гидродинамика и теплообмен в роторах и трансмиссиях газотурбинных двигателей. Уменьшение температурных напряжений в дисках [Электронный ресурс] / Н. Н. Салов, А. А. Харченко. - Москва : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2015. - 180 с. - (Научная книга). - ISBN 978-5-9558-0427-9. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=502310>.
3. Дорохов А. Н. Обеспечение надежности сложных технических систем [Электронный ресурс] : учебник / А. Н. Дорохов [и др.]. – Санкт-Петербург: Лань, 2011. – 352 с. – ISBN 978-5-8114-1108-5. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=629](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=629).

### Информационное обеспечение

Освоение дисциплины предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

1. Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License);
2. Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010;

3. Браузер Mozilla Firefox;
4. Браузер Google Chrome;
5. Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC;
6. Kaspersky Endpoint Security для Windows.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.