

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования

«Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Набережночелнинский институт

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной  
деятельности



А. Турилова

2023 г.



**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

**Направление подготовки:** 13.04.03 Энергетическое машиностроение

**Магистерская программа:** Двигатели внутреннего сгорания

**Форма обучения:** очная

## Лист согласования программы вступительного испытания по профилю

Разработчик(и) программы:

Доцент кафедры « Автомобили,  
автомобильные двигатели и дизайн»



В.Б. Хлюпин

Председатель экзаменационной комиссии

Доцент кафедры « Автомобили,  
автомобильные двигатели и дизайн»



В.Б. Хлюпин

Программа вступительного испытания обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Автомобили, автомобильные двигатели и дизайн» Набережночелнинского института, Протокол № 9 от «05» октября 2023 г.

Решением Учебно-методической комиссии Набережночелнинского института программа вступительного испытания рекомендована к утверждению Ученым советом, Протокол № 2 от «16» октября 2023 г.

Программа вступительного испытания утверждена на заседании Ученого совета Набережночелнинского института, Протокол № 10 от «25» октября 2023 г.

## ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Вступительное испытание направлено на выявление степени готовности абитуриентов к освоению образовательных программ высшего образования – программ магистратуры, реализуемых в институте по направлению подготовки 13.04.03 «Энергетическое машиностроение».

Вступительное испытание проводится в тестовой форме с применением дистанционных технологий: <https://admissions.kpfu.ru/priem-v-universitet/distancionnye-vstupitelnye-ispytaniya-magistratura>

Испытание проходит в сроки, установленные приёмной комиссией.

На вступительное испытание отводится 90 минут. Вступительное испытание проводится в форме тестирования и состоит из следующих разделов:

- 1) Теория рабочих процессов в поршневых двигателях;
- 2) Конструирование двигателей;
- 3) Динамика двигателей;
- 4) Системы двигателей;
- 5) Агрегаты наддува двигателей;
- 6) Основы теории горения;
- 7) Химмотология.

Результаты вступительного испытания оцениваются по 100-балльной шкале. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 40 баллов

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### Раздел 1. Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания

**Тема 1. 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 сгорание 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.

**Тема 2. Рабочие процессы в ДВС.** 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 её снижения. Механизмы образования токсичных веществ. Оценка экологической безопасности двигателей по полному жизненному циклу.

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).

## **Раздел 2. Конструирование двигателей внутреннего сгорания**

**Тема 1. Принципы работы и классификация поршневых двигателей.** Общие принципы конструирования двигателей. Компоновочные схемы двигателей. Типаж, мощностные ряды, агрегатирование. Основные показатели, характеризующие конструкции двигателей. Полный жизненный цикл двигателя. Этапы проектирования, автоматизированное проектирование. CALS – технологии в двигателестроении. Современные системы CAD/CAM/CAE/PDM.

**Тема 2. Конструирование двигателей внутреннего сгорания.** 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 на прочность.

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.

Цилиндры, гильзы, блоки и головки цилиндров. Анализ конструкций, материалы, расчеты на прочность.

Перспективы развития поршневых двигателей.

## **Раздел 3. Динамика двигателей**



**Тема 1. Кинематика и динамика кривошипно-шатунных механизмов.** Классификация преобразующих механизмов поршневых двигателей. Кинематика кривошипно-шатунного механизма. Силы и моменты, действующие в двигателе. Внутренняя и внешняя неуравновешенности двигателя. Способы балансировки двигателей.

Крутильные колебания коленчатых валов. 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.

#### **Раздел 4. Системы двигателей**

**Тема 1. 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.

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

Системы многотопливных двигателей и системы для подачи тяжелых топлив.

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

**Тема 2. 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 регулирования 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.

**Тема 3. Системы двигателей.** Системы охлаждения. Классификация, основные схемы. Системы жидкостного охлаждения. Охлаждающие жидкости и их характеристики. Система воздушного охлаждения, схема, конструкция дефлекторов.

Системы смазки, классификация, схемы, элементы системы и расчет их характеристик.

Системы впуска и выпуска. Трубопроводы. Воздушные фильтры. Охлаждители надувочного воздуха. Методы расчета и анализ конструкций. Моделирование течений газа в газозвуковом тракте двигателей.

Система энергоснабжения установок ДВС, электрическая система пуска. Системы зажигания. Параметры систем. Системы с механическим прерывателем и бесконтактными датчиками. Системы зажигания в составе систем электронного управления двигателем.



Способы нейтрализации отработавших газов. Дожигание, каталитическая нейтрализация, химические поглотители. Трехкомпонентные нейтрализаторы. Рециркуляция отработавших газов.

## Раздел 5. Агрегаты наддува двигателей

**Тема 1. Турбокомпрессоры в ДВС.** 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 радиальные турбины. Безлопаточный направляющий аппарат радиально-осевой турбины, особенности процесса. 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 сопловый 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.

## Раздел 6. Основы теории горения

**Тема 1. Классификация разновидностей горения.** Скорость химической реакции. Законы формальной кинетики. Закон действующих масс. Порядок реакции. Влияние давления на скорость реакции. Влияние температуры на скорость химической реакции

Скорость химической реакции. Законы формальной кинетики. Закон действующих масс. Порядок реакции. Влияние давления на скорость реакции. Влияние температуры на скорость химической реакции. Экспоненциальный закон Аррениуса. Цепные реакции. Скорость цепных реакций.

Самовоспламенение однородных смесей. Теория теплового взрыва. Критические условия самовоспламенения. Самовоспламенение при нагревании смеси быстрым сжатием. Зависимость задержек холодного пламени и горячего взрыва от температуры и давления. Развитие самовоспламенения. Воспламенение распыленных жидких топлив. Задержки воспламенения. Влияние задержек воспламенения на характер последующего сгорания распыленных топлив.

Ламинарное и турбулентное горение. Тепловая теория распространения пламени. Влияние различных факторов на скорость распространения пламени. Концентрационные пределы воспламеняемости.

Основы теории ударных и детонационных волн. Развитие реакции во фронте детонационной волны. Особенности детонации в условиях двигателя внутреннего сгорания с искровым зажиганием.

Диффузионное горение неоднородных смесей. Горение капель распыленного жидкого топлива. Влияние различных факторов на детонацию в ДВС. Калильное зажигание от нагара (КЗН). Калильное зажигание от перегретых поверхностей (КЗП).



Склонность различных топлив к КЗ. Характеристики свечей зажигания.

Нормальное сгорание в ДВС легкого топлива. Особенности сгорания. Фазы сгорания. Характеристики активного тепловыделения. Октановое число. Нарушения в процессе сгорания. Детонационное сгорание. Влияние различных факторов на детонацию в ДВС. Калильное зажигание от нагара (КЗН). Калильное зажигание от перегретых поверхностей (КЗП). Склонность различных топлив к КЗ. Характеристики свечей зажигания.

Цетановое число. Камеры сгорания (КС) дизелей. Анализ конструкции КС. Особенности сгорания. Фазы сгорания. Особенности воспламенения и сгорания в дизелях с открытыми, полуразделенными и разделенными камерами сгорания. Преимущества и недостатки дизельного процесса.

Особенности образования отдельных токсичных компонентов при сгорании в ДВС. Пути улучшения процессов сгорания в ДВС и уменьшения их токсичности.

## Раздел 7. Химмотология

**Тема 1. Моторные нефтепродукты.** Элементный, фракционный и групповой состав. Стабильность нефтепродуктов. Низкотемпературные свойства.

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, газообразные топлива. Природные, попутные газы. Свойства газообразных топлив. Сжатые и сжиженные газы. Водород как топливо.

Смазочные материалы и их классификация. Требования к моторным маслам. Присадки, улучшающие качество масел.

Охлаждающие жидкости. Требования к охлаждающим жидкостям. Низкотемпературные охлаждающие жидкости. Антифризы, тосолы.

## ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНЫМ ИСПЫТАНИЯМ

1. Н.Д. Чайнов, А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков. Конструирование и расчет поршневых двигателей. - МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. - 535 с.
2. Якубович А. И. Системы охлаждения тракторных и автомобильных двигателей. Конструкция, теория, проектирование [Электронный ресурс] : учебное пособие / Якубович А. И. – Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2014. – 473 с. – ISBN 978-985-475-620-2. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=435683>.
3. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. пособие для вузов./ А.И. Колчин, В.П. Демидов — 4-е изд. перераб. и доп.— М.: Высш.шк., 2008. - 496 с.: ил.
4. Суркин В. И. Основы теории и расчёта автотракторных двигателей [Электронный ресурс] / В. И. Суркин. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. – Рекомендовано УМО. – ISBN 978-5-8114-1486-4. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=12943](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=12943).
5. Пашков Л.Т. Основы теории горения. Учебное пособие. - М.: МЭИ (ТУ), 2002. - 125 с.
6. Карташевич А. Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости

[Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, А. В. Гордеенко. – Москва: Новое знание, 2014. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=49456..](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=49456..)

7. Гаврилов А.А. Агрегаты наддува. Курс лекций - Владимир: ВлГУ, 2016. - 46 с.
8. Шароглазов Б.А., Фарафонов М.Ф., Клементьев В.В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет процессов – Челябинск: ЮУрГУ, 2004.- 344 с.