

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

УТВЕРЖДАЮ  
И.о. проректора  
по исследованиям и разработкам  
\_\_\_\_\_ А.Ю. Наливайко  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа вступительного испытания по комплексному экзамену  
для поступающих на обучение  
по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров  
в аспирантуре**

**группа научных специальностей:  
2.4. Энергетика и электротехника**

Москва, 2022

## Введение

Программа вступительного испытания в аспирантуру по группе научных специальностей «2.4. Энергетика и электротехника» разработана в соответствии с требованиями базовых учебных программ технических специальностей высших учебных заведений для профилей подготовки:

- турбомашин и поршневые двигатели;
- теоретическая и прикладная теплотехника;
- машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники;
- электротехнические комплексы и системы.

Программа вступительного испытания по группе научных специальностей «2.4. Энергетика и электротехника» учитывает область будущей профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу аспирантуры, и включает:

- теоретическое и экспериментальное исследование, математическое и компьютерное моделирование, конструирование и проектирование материалов, приборов, устройств, установок, комплексов оборудования электро- и теплотехнического назначения, а также совокупность технических средств, способов и методов человеческой деятельности по производству, распределению электрической и тепловой энергии, управлению ее потоками и преобразованию иных видов энергии в теплоту;
- проектирование, конструирование, создание, монтаж и эксплуатацию электрических и электронных аппаратов.

Программа вступительного испытания по группе научных специальностей «2.4. Энергетика и электротехника» позволяет оценить уровень подготовки, необходимый для успешного освоения программы обучения и получения компетенций, соответствующих объектам профессиональной деятельности выпускников с учетом избранной отрасли научного знания, а также научных задач междисциплинарного характера, в том числе:

- тепловые электрические станции, системы энергообеспечения предприятий, объекты малой энергетики нетрадиционные источники энергии;
- энергоблоки, парогазовые и газотурбинные установки;
- тепловые насосы;
- топливные элементы, установки водородной энергетики;
- тепло- и массообменные аппараты различного назначения;
- тепловые и электрические сети;
- теплоносители и рабочие тела энергетических и теплотехнологических установок;
- системы стандартизации;
- системы и диагностики автоматизированного управления технологическими процессами в тепло- и электроэнергетике.

## РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. На вступительное испытание поступающие допускаются при наличии документа, удостоверяющего личность и гражданство (паспорта), и расписки о подаче документов.

2. Форма проведения вступительного испытания: письменный комплексный междисциплинарный экзамен и устное собеседование по вопросам профильной части и реферату. Комплексный междисциплинарный экзамен включает следующие части:

- оценка общего уровня подготовленности, соответствующего группе научных специальностей (общая часть);

- оценка уровня подготовленности по профилю программы, реализуемой в рамках группы научных специальностей (профильная часть);

- оценка степени проработанности темы научно-исследовательской работы, планируемой к реализации в рамках программы обучения по научной специальности (реферат).

3. По результатам вступительного испытания поступающему по 100-балльной системе выставляется оценка от нуля до ста баллов. Минимально необходимое количество баллов по 100-балльной системе составляет 40 баллов, ниже которых вступительное испытание считается несданным. Итоговая оценка вступительного испытания определяется путем суммирования количества баллов, полученных по каждой части комплексного междисциплинарного экзамена. Максимальное количество баллов по каждой части экзамена представлено в таблице 1.

Таблица 1

| № п/п  | Наименование                              | Максимальное кол-во баллов | Кол-во вопросов |
|--------|---|----------------------------|-----------------|
| 1      | Общая часть (письменно)                   | 20                         | 1               |
| 2      | Профильная часть (письменно)              | 40                         | 2               |
| 3      | Собеседование по профильной части (устно) | 20                         | -               |
| 4      | Собеседование по реферату                 | 20                         | -               |
| Итого: |   | 100                        |                 |

4. Экзаменационный билет содержит 3 контрольных вопроса по дисциплинам, указанным в программе вступительного испытания, в том числе: общая часть – 1 вопрос, профильная часть – 2 вопроса. Собеседование проводится по вопросам профильной части и представленного реферата.

Ответ на каждый вопрос комплексного междисциплинарного экзамена оценивается в соответствии со шкалой оценивания (таблица 2). Максимальная оценка за ответ на вопрос составляет 20 баллов. Время выполнения письменного задания составляет – 45 минут.

Таблица 2

| Баллы | Критерий выставления оценки  |
|-------|--|
| 16-20 | Демонстрация отличных знаний по заданному вопросу. Умение иллюстрировать теоретические положения эскизами, графиками, формулами. Широкий кругозор по обсуждаемым вопросам. |
| 12-15 | Демонстрация твердых знаний по заданному вопросу. Наличие мелких неточностей в ответе и в иллюстративном материале.  |
| 8-11  | Неплохое знание вопроса, но с заметными ошибками.  |
| 5-7   | Слабое знание и понимание рассматриваемого вопроса, со значительными ошибками  |
| 0-4   | Незнание и непонимание рассматриваемого вопроса.   |

5. Вступительные испытания проводятся в очном формате и с применением дистанционных технологий по расписанию приёмной комиссии университета, размещенному на официальном сайте университета.

Экзаменационные аудитории по каждой группе научных специальностей объявляются за 1 день до начала вступительного испытания в очном формате.

6. Вступительные испытания с применением дистанционных технологий проводятся на выделенном образовательном портале Московского Политеха (<http://lms.mospolytech.ru>) (далее – LMS), на котором размещен онлайн-курс «ВИА2022\_<Код и Наименование ООП>» для приема вступительного испытания (Например, «ВИА2022\_2.4.\_«Турбодвигатели и поршневые двигатели»). Взаимодействие между участниками вступительных испытаний (председателем, членами комиссий и абитуриентами) осуществляется с применением дистанционных технологий и видеоконференцсвязи в системе Zoom, Cisco Webex Meet, Webinar и пр. Ссылка на видеоконференцию размещается в онлайн-курсе на портале LMS. Конкретный вид используемого программного продукта будет указан приёмной комиссией.

7. Онлайн-курс «ВИА2022 <Код и Наименование ООП>», предназначенный для проведения ВИА, содержит разделы для загрузки письменных ответов и реферата, Программу вступительных испытаний по группе научных специальностей, правила проведения ВИА, в т.ч. бланк согласия абитуриента о проведении видеозаписи хода испытаний.

8. Регистрация на портале ВИА и доступ к онлайн-курсу «ВИА2022 <Код и Наименование ООП>» осуществляется из личного кабинета абитуриента, сформированного при подаче документов в приемную комиссию Московского Политеха.

9. Ссылка для подключения к видеоконференции ВИА доступна абитуриенту в онлайн-курсе «ВИА2022 <Код и Наименование ООП>» после регистрации на портале ВИА.

10. Перед началом вступительного испытания, поступающим сообщается время и место получения информации о полученных результатах.

11. На вступительных испытаниях разрешается пользоваться: справочной литературой, представляемой комиссией. Запрещено пользоваться сред-

ствами связи.

12. Поступающий, нарушающий правила поведения на вступительном испытании, может быть снят со вступительных испытаний. Фамилия, имя, отчество снятого с испытаний поступающего и причина его снятия заносятся в протокол проведения вступительного испытания.

13. При проведении вступительного испытания уточняющие вопросы поступающих по содержанию экзаменационных вопросов принимаются председателем экзаменационной комиссии, в том числе по телефону и рассматриваются только в случае обнаружения опечатки или другой неточности какого-либо задания вступительного испытания. Председатель экзаменационной комиссии обязан отметить этот факт в протоколе проведения вступительного испытания. Экзаменационной комиссией будут проанализированы все замечания, при признании вопроса некорректным он засчитывается поступающему, как выполненный правильно.

14. Письменные ответы на вопросы оформляются на бланке формата А4 с указанием идентификационных данных абитуриента (Фамилия И.О., номер билета, номер вопроса). Бланк заполняется вручную, разборчивым почерком, ручкой чёрного цвета. Эскизы, схемы выполняются вручную, допускается применение чертёжных инструментов. Каждая страница, содержащая ответ, нумеруется и визируется абитуриентом.

По истечении времени, отведенного на выполнение письменного экзамена, поступающий загружает свой ответ в форме скан-документа (.pdf) или фотографии (.jpg) в онлайн-курсе «ВИА2022 <Код и Наименование ООП>» строго до времени, указанного экзаменационной комиссией.

Время выполнения письменных ответов по билету составляет – 45 минут, время для фотографирования (сканирования) ответов по билету и загрузки информации в систему LMS университета в соответствующем разделе - 20 минут. После указанного времени загрузка ответов будет заблокирована.

15. По окончании отведенного времени Поступающим сообщается время повторного подключения к видеоконференции для участия во втором этапе вступительных испытаний - собеседовании по результатам письменного ответа профильной части билета и собеседование по реферату.

16. Перед прохождением собеседования на портале LMS в онлайн-курс «ВИА2022<Код и Наименование ООП>» в соответствующий раздел должен быть загружен реферат с визой поступающего в срок не позднее, чем за 1 сутки до начала вступительных испытаний.

17. По окончании вступительного испытания поступающий информируется комиссией о набранных баллах с учетом индивидуальных достижений.

18. При приеме на обучение по программам аспирантуры университет учитывает следующие индивидуальные достижения:

- публикации в изданиях, индексируемых в международных базах научного цитирования Web of Science и Scopus - 10 баллов за каждую публикацию;
- публикации в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий,

- рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов диссертаций («перечень ВАК»), а также авторские свидетельства на изобретения, патенты – 5 баллов за каждую публикацию, авторское свидетельство или патент;
- статьи, тексты, тезисы докладов, опубликованные в трудах международных или
- всероссийских симпозиумов, конференций, семинаров - 4 балла за каждую публикацию.
- дипломы победителей международных и всероссийских научных конкурсов, студенческих олимпиад и творческих фестивалей, тематика которых соответствует направленности подготовки (научной специальности) в аспирантуре - 3 балла за каждый диплом.
- прочие публикации - 2 балла за каждую публикацию.
- дипломы победителей региональных конкурсов, студенческих олимпиад и творческих фестивалей, тематика которых соответствует направленности подготовки (научной специальности) в аспирантуре - 2 балла за каждый диплом.
- наличие удостоверения о сдаче кандидатских экзаменов (для лиц, сдавших кандидатские экзамены за рубежом); справки о наличии законной силы предъявленного документа о сдаче кандидатских экзаменов, выданной Министерством образования и науки Российской Федерации) – 2 балла;
- диплом магистра или специалиста с отличием – 10 баллов;
- рекомендательное письмо от потенциального научного руководителя – 30 баллов.

19. В случае равенства прав (конкурсный балл, баллы предметов вступительных испытаний в соответствии с приоритетами, индивидуальных достижений) на поступление двух и более поступающих, претендующих на одно место, перечень зачисляемых лиц определяется приемной комиссией Университета на основании рассмотрения личных дел поступающих.

## РАЗДЕЛ 2. СОДЕРЖАНИЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Программа вступительных испытаний по группе научных специальностей «2.4. Энергетика и электротехника» предусматривает комплексную оценку знаний и уровня подготовленности поступающего и включает следующие части:

**1. Оценка общего уровня подготовленности, соответствующая по группе научных специальностей «2.4. Энергетика и электротехника» (общая часть).**

В процессе вступительных испытаний поступающие должны показать знание основных общих вопросов соответствующих группе научных специальностей и обнаружить способность: определять основные понятия, указывая на отличительные существенные признаки объектов отображенных в данном понятии; сравнивать изученные объекты; объяснять (интерпретировать) изучен-

ные технологии и процессы, т.е. раскрывать их устойчивые существенные связи; приводить собственные примеры; давать оценку изученных процессов, высказывать суждение об их эффективности, уровне и значении; анализировать как количественно, так и качественно основные показатели качества продукции.

## **2. Оценка уровня подготовленности по научной специальности, реализуемой в рамках группы научных специальностей «2.4. Энергетика и электротехника» (профильная часть).**

Вступительное испытание по профилю (специальности) определяет, насколько свободно и глубоко лица, поступающие в аспирантуру, владеют теоретическими и практическими знаниями по профильным дисциплинам, которые в будущем могут стать основой их научной-исследовательской деятельности.

## **3. Оценка степени проработанности темы научно-исследовательской работы, планируемой к реализации в рамках программы обучения по научной специальности (реферат)**

В реферате излагаются основные положения развития научных исследований по одной из тем группы научных специальностей «2.5. Машиностроение», в том числе по теме, планируемой к выполнению научно-квалификационной работы (диссертации).

# **ЧАСТЬ 1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ**

## **1.1. Рекомендуемые разделы и темы программы вступительных испытаний**

**Тема 1.** Основные понятия и определения. Когенерация и тригенерация в локальных и децентрализованных системах электроснабжения. Виды энергетических процессов и способы их осуществления. Графики тепловой и электрической нагрузки их взаимозависимость. Оценка расчетной электрической и тепловой мощности когенерационных и тригенерационных установок. Примеры реализации в России и за рубежом. Электротехническая часть когенерационных установок.

**Тема 2.** Распределенное производство электроэнергии. Предпосылки и перспективы развития распределенной энергетики в России. Виды и типы автономных энергоисточников. Варианты используемых технологий. (газотурбинные, газопоршневые и дизельные мини-ТЭС для производства тепловой и электрической энергии). Децентрализованные источники энергии. Распределение энергетических ресурсов между множеством потребителей. Производство тепловой и электрической энергии для собственных нужд. Организация мероприятий по передаче излишков энергии в общую сеть.

**Тема 3.** Выбор энергообъектов для распределенной энергетики. Основные методики и подходы при выборе автономных энергоисточников. Влияние

типа и состава топлива на выбор энергоисточника. Анализ различных вариантов тепловых схем. Влияние характеристик энергоустановок на выбор профиля энергообъекта.

**Тема 4.** Автономные и централизованные источники энергии. Автономные источники энергии. Преимущества и недостатки в сопоставлении с источниками централизованного теплоэнерго-снабжения. Задача выбора между централизованными и децентрализованными источниками тепло и энергоснабжения. Когенерация и тригенерация.

## **1.2. Перечень вопросов, по группе научных специальностей, выносимых на вступительное испытание**

1. Основные виды и типы автономных энергоисточников. Термины и определения;
2. Децентрализованные источники энергии. Термины и определения;
3. Особенности производства тепловой и электрической энергии для собственных нужд;
4. Основные факторы, определяющие уровни потребления и производства электроэнергии;
5. Режимы эксплуатации энергообъектов в распределенной энергетике.
6. Основные методики и подходы при выборе автономных энергоисточников.
7. Преимущества и недостатки автономных источников энергии в сопоставлении с источниками централизованного теплоэнергоснабжения.
8. Процессы когенерации и тригенерации.
9. Автономные котельные.
10. Принцип действия газопоршневых агрегатов. Конструкции. Достоинства и недостатки.
11. Схемы использования ГПА для систем автономного тепло- и энергоснабжения.
12. Использование ГПА для тригенерации.
13. Газотурбинные и парогазовые установки. Возможности их использования в качестве автономных источников теплоэнергоснабжения.
14. Особенности выбора между газотурбинной и газопоршневой установками.
15. Микротурбинные установки. Принцип работы и конструкция микротурбинной установки.
16. Преимущества микротурбин.
17. Элементы систем автономного теплоснабжения.
18. Стирлинг-технологии в автономной энергетике.
19. Автономные энергетические системы на основе двигателей Стирлинга.
20. Принцип работы двигателя Стирлинга. Его преимущества и недостатки.

## **1.3. Учебно-методическое обеспечение**

а) Основная литература:



1. Моисеев Б.В. Промышленная теплоэнергетика [Электронный ресурс]: учеб. / Б.В. Моисеев, Ю.Д. Земенков, С.Ю. Торопов. — Электрон. дан. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. — 236 с. <https://e.lanbook.com/book/55434#authors>

2. Родионов В.Г. Энергетика: Проблемы настоящего и возможности будущего [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва: ЭНАС, 2010. — 352 с. <https://e.lanbook.com/book/38550#authors>

б) Дополнительная литература:

1. Семенов Б.А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 384 с. [https://e.lanbook.com/book/5107#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/5107#book_name)

2. Кудинов А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс] / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. — Электрон. дан. — Москва: Машиностроение, 2011. — 374 с. [https://e.lanbook.com/book/2014#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/2014#book_name)

3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов [Электронный ресурс]: учеб. — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2009. — 472 с. <https://e.lanbook.com/book/72299#authors>

4. Макаров А.А. Системные исследования развития энергетики: курс лекций [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2015. — 280 с. <https://e.lanbook.com/book/72284#authors>.

## **ЧАСТЬ 2. ПРОФИЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

В программе вступительного испытания с профильной частью приведены рекомендованные темы и разделы дисциплин, перечень выносимых на вступительное испытание вопросов и список рекомендуемой учебно-методической литературы.

### **2.1. НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ «2.4.7. ТУРБОМАШИНЫ И ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ»**

#### **2.1.1. Содержание программы профильной части**

##### **Часть 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.

Математическое моделирование рабочих процессов ДВС. Теплообмен в цилиндре в течение рабочего цикла. Математическое моделирование процесса выпуска. Математическое моделирование процесса сжатия. Математическое моделирование процесса сгорания. Математическое моделирование процесса расширения (без сгорания). Математическое моделирование процесса выпуска. Математическое моделирование процесса одновременного выпуска и выпуска.

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.

## **Часть 2. 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.

### **Часть 3. Испытание энергетических установок**

Виды стендовых испытаний ДВС. Эксплуатационные испытания. Подготовка двигателей к испытаниям. Комплектность двигателя. Обкатка двигателей. Определение расхода масла на угар и характеристики устойчивости. Определение механических потерь и равномерности работы цилиндров

Тормозные установки. Гидравлические тормоза. Электрические тормоза постоянного тока. Электрические тормоза переменного тока. Индукторные тормоза. Устойчивость работы системы двигатель-тормоз

Измерение крутящего момента и частоты вращения. Измерение крутящего момента. Весовые устройства. Устройства с использованием силоизмерительных датчиков. Торсионные динамометры. Измерение частоты вращения

Измерение температуры и давления. Средства измерения температуры. Термометры расширения. Термоэлектрические термометры. Термометры сопротивления. Другие средства оценки теплового состояния.

Измерение давлений и расходов жидкостей и газов. Средства измерения давления. Измерение расходов топлива и воздуха. Измерение расхода топлива. Измерение расхода воздуха. Ротационные счетчики газа

Индицирование двигателей. Электрические индикаторы. Пьезоэлектрические датчики. Стробоскопические индикаторы. Ошибки индицирования. Измерительно-вычислительные комплексы для испытаний и индицирования двигателей.

### **Часть 4. Альтернативные виды топлива**

Альтернативные виды топлива. Перспективы использования альтернативных топлив. Использование сжиженных нефтяных газов. Использование природного газа.. Использование угля, природных сланцев и смол.. Использование вторичных ресурсов.. Использование водорода и водородсодержащих топлив (синтез-газа —  $\text{H}_2 + \text{CO}$ ). Использование топливных элементов

Газовые и газодизельные двигатели. Общие сведения. Определение параметров рабочего процесса двигателя с искровым зажиганием, работающего на газовом топливе. Особенности рабочих процессов газодизельных двигателей.

Влияния свойств моторных топлив на основе растительных масел на показатели работы двигателей. Моторные топлива на основе растительного масла. Элементный состав, свойства и энергетический баланс

Влияния свойств моторных топлив на основе простейших спиртов на

показатели работы двигателей. Двигатели, работающие на спиртовых топливах. Влияния свойств моторных топлив на основе простейших спиртов на показатели работы двигателей. Меры по обеспечению необходимой технологической и функциональной адаптации свойств биотоплив к условиям работы транспортных ДВС. Разработка и перспективы развития моторных топлив на основе бутилового спирта

Меры по совершенствованию химмотологических характеристик биологических топлив. Совершенствование химмотологических характеристик биологических топлив. Средства реализации концепции способа. Оценка эффекта повышения химической энергии альтернативного топлива на примере метанола. Эффективность энергопреобразования топлива. Показатель эффективности использования энергии топлива в ДВС. Условия предельно возможной степени энергопреобразования топлива. Опытная апробация

Совершенствование эксплуатационных свойств смесевых биоуглеводородных топлив оптимизацией их компонентного состава. Меры по совершенствованию эксплуатационных свойств смесевых биологических топлив. Проблемы совместимости основных видов биологических топлив с конструкционными материалами ДВС и их систем.

### **Часть 5. Агрегаты и устройства систем турбонаддува ДВС**

Наддув двигателей и способы наддува, схемы комбинированных двигателей. Методы форсирования поршневых двигателей. Низкий, средний и высокий наддув; их влияние на конструкцию двигателя. Историческая справка по развитию наддува. Роль наддува двигателей в повышении показателей их качества.

Объемные, поршневые, роторные, винтовые, центробежные и осевые компрессоры. Принцип действия поршневого компрессора, теоретический цикл, вредное пространство, объемный КПД. Особенности конструкции лопастных, винтовых и спиральных компрессоров, их достоинства и недостатки. Рабочий цикл винтового компрессора. Устройство и принцип действия центробежных и осевых компрессоров. Изменение скорости и давления в проточной части центробежного компрессора.

Методы расчета и конструирование компрессоров. Степень повышения давления компрессора. Адиабатный КПД компрессора; его влияние на температуру воздуха на выходе из нагнетателя. Приближенное определение расхода воздуха и необходимой степени повышения давления компрессора. Помпаж. Приведение расхода воздуха и частоты вращения колеса компрессора к стандартным условиям. Расчет проточной части центробежного компрессора.

Охладители воздуха. Тепловая эффективность охладителя. Схемы систем промежуточного охлаждения наддувочного воздуха.

#### **2.1.2. Перечень выносимых на вступительные испытания вопросов**

1. Процесс сгорания в бензиновом двигателе (ламинарное и турбулентное сгорание, структура пламени).
2. Применение водорода в ДВС. Особенности сгорания. Преимущества и

недостатки.

3. Открытая термодинамическая система. Однозонные и многозонные модели процесса сгорания.
4. Полярная диаграмма результирующей силы, действующей на шатунную шейку.
5. Физические основы образования вредных веществ в цилиндрах двигателя. Пути воздействия на образование вредных веществ в цилиндрах двигателя.
6. Газобаллонные и криогенные системы хранения водорода.
7. Международные и национальные законодательства и стандарты по нормированию и методам контроля вредных выбросов автомобильными двигателями при сертификации новой техники и в процессе эксплуатации.
8. Комбинированные (гибридные) энергоустановки как новый тип силового агрегата для автомобилей.
9. Оборудование, измерительная аппаратура и методики испытаний двигателей на токсичность.
10. Возможности и перспективы использования водорода в качестве энергоносителя в транспортном энергомашиностроении. Примеры технических решений.
11. Процесс сгорания в дизелях, фазы процесса сгорания. Влияние различных факторов на скорость сгорания.
12. Силы инерции возвратно-поступательно движущихся и вращающихся масс кривошипно-шатунного механизма. Их уравнивание.
13. Основные физико-химические свойства альтернативных газовых (метана, пропан-бутана, диметил-эфира, водорода) и жидких (этанола, рапсового масла) топлив.
14. Система непосредственного впрыска бензина. Принцип работы и элементы системы. Работа системы на различных режимах. Способы распыления топливовоздушной смеси.
15. Особенности процесса сгорания в ДВС с искровым зажиганием (фазы сгорания, аномальные процессы сгорания, влияние различных факторов на скорость сгорания).
16. Влияние конструкции двигателя, режимных, регулировочных факторов и внешних условий на токсические показатели автомобильного двигателя.
17. Количественное и качественное регулирование мощности. Способы регулирования количества поступающего воздуха. Диаграмма подъема клапана. Диаграмма фаз газораспределения.
18. Механические потери в двигателях. Мощность механических потерь, механический КПД, среднее давление механических потерь. Их зависимость от режимов работы двигателя.
19. Конструкции и технические параметры современных комплексных антитоксичных систем. Состав и принципы работы.
20. Процесс смесеобразования в дизеле. Способы смесеобразования. Типы камер сгорания для аккумуляторной топливной аппаратуры.

21. Современное состояние и перспективы развития производства и потребления биотоплив в сфере транспортной энергетики.
22. Способы повышения среднего эффективного давления в цилиндре (зависимость от частоты вращения, от состава смеси, от наполнения цилиндра, от плотности заряда, от КПД двигателя).
23. История развития теории математического моделирования рабочих процессов двигателей.
24. Мероприятия по снижению токсичности и дымности отработавших газов автомобильных дизелей.
25. Особенности систем питания конвертированных газовых двигателей: конструкция ёмкостей (баллонов) для хранения газа на борту транспортного средства, система редукторов, форсунок подачи газа.
26. Турбонаддув. Принципы работы системы турбонаддува дизеля. Расходно-напорная характеристика турбокомпрессора.
27. Регулировочная характеристика бензинового двигателя по углу опережения зажигания.
28. Возможности применения для автомобилей гибридных силовых агрегатов состоящих из поршневого двигателя и электромотора. Требования, предъявляемые к ДВС, особенности конструкции.
29. Способы повышения экологических характеристик транспортных энергомашин.
30. Физико-химические свойства топлив растительного происхождения. Оценка возможности и перспективности использования для силовых установок наземного транспорта.

### 2.1.3. Учебно-методическое обеспечение

а) Основная литература:

1. Машиностроение. Энциклопедия. Ред совет: К.В. Фролов (пред.) и др. — М.: Машиностроение. Двигатели внутреннего сгорания. Т. IV-14 / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков и др.; Под общ. ред. А.А. Александрова и Н.А. Иващенко. 2013. 784 с.: ил.

2. Чайнов Н.Д., Иващенко Н.А., Краснокутский А.Н., Мягков Л.Л., Конструирование двигателей внутреннего сгорания: Учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" направления подготовки "Энергомашиностроение" /; под ред. Н.Д. Чайнова. — 2-е изд. — М.: Машиностроение, 2011. 496 с., ил. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/65697/#4>

3. Яманин А.И., Голубев Ю.В., Жаров А.В., Шилов С.М., Павлов А.А. Компьютерно-информационные технологии в двигателестроении: Учебное пособие. - М.: Машиностроение, 2005. 480 с., ил. <https://e.lanbook.com/reader/book/788/#2>

4. Вильдеман В.Э., Третьяков М. П., Третьякова Т. В. Экспериментальные исследования свойств материалов при сложных термомеханических воздей-

ствиях / Под ред. В.Э. Вильдемана. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 204 с. - ISBN 978-5-9221-1374-8. <https://e.lanbook.com/reader/book/59763/#2>

5. Григорьев В.А., Кузнецов С.П., Гишваров А.С., Белоусов А.Н. Испытания авиационных двигателей: Учебник для вузов. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/740#authors>

6. Чайнов Н. Д. Моделирование теплового состояния крышек цилиндров поршневых двигателей: учеб, пособие / Н. Д. Чайнов, Л. Л. Мягков, Н. С. Маластовский, — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. — 29, [3].: ил. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/52237/#2>

7. Кавтарадзе Р.З., Онищенко Д.О., Зеленцов А.А. Трехмерное моделирование нестационарных теплофизических процессов в поршневых двигателях. Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана: [Электронный ресурс]: учеб. пособие - Электрон. дан.: Лань, 2012 г. — 85 с. — Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/58528#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/58528#book_name)

#### б) Дополнительная литература:

1. Рабочий процесс дизелей при применении альтернативных топлив / Кухарёнок Г.М., Петрученко А.Н., Гершань Д.Г. / Издательство "Новое знание" – 2017 г. – 253 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90868> - Загл. с экрана.

2. Гришин, Ю. А. Агрегаты наддува двигателей: методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Агрегаты наддува двигателей» /Ю. А. Гришин. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. — 78, [4] с.: ил. <https://e.lanbook.com/reader/book/103468/#2>

3. Овсянников С.В. Экспериментальные исследования в мехатронных системах учеб, пособие / С.В. Овсянников, А.А. Бошляков, А.О. Кузьмина. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. - 49 [3] с. ил. <https://e.lanbook.com/reader/book/52188/#2>

4. Афанасьев В.В., Кидин Н.И. Диагностика и управление устойчивостью горения в камерах сгорания энергетических установок. - Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/2662#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/2662#book_name)

5. Краснокутский А.Н. Оценка выносливости базовых деталей поршневых двигателей: учеб, пособие / А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков, Н.Д. Чайнов. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. — 102, [21 с.: ил. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/52267/#2>

## 2.2. НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ «2.4.6. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА»

### 2.2.1. Содержание программы профильной части

#### Часть 1. Фундаментальные основы промышленной теплоэнергетики

Первый закон термодинамики. Теплоемкость. Изопроецессы. Применение первого закона термодинамики к расчетам изопроецессов. Второй закон термодинамики. Энтропия. Водяной пар. P–V, T–S, H–S диаграммы и таблицы.

Их применение в термодинамических расчетах. Влажный воздух. Свойства влажного воздуха.  $h-d$  диаграмма. Цикл Карно и его использование при анализе циклов тепловых двигателей. Циклы двигателей внутреннего сгорания и газотурбинных двигателей. Циклы паросиловых установок и их анализ. Цикл Ренкина. Циклы с регенеративными отборами пара. Термодинамика потока. Скорость звука. Сопло Лавая. Истечение газов и паров. Дросселирование. Конвективный тепло- и массоперенос. Особенности расчета тепло- и массообмена при турбулентном течении жидкости. Задачи тепло- и массопереноса. Теплообмен при ламинарном и турбулентном течениях в трубах и каналах. Тепло- и массообмен при фазовых превращениях. Механизм теплообмена при пузырьковом кипении жидкости в неограниченном объеме. Кипение внутри труб. Конденсация пленочная и капельная. Тепло- и массообмен при испарении жидкости. Диффузия жидкости в газовые среды и перенос массы в капиллярно-пористых телах. Дифференциальные уравнения диффузии. Сорбционные процессы. Уравнения сорбции. Контактный теплообмен. Радиационный теплообмен. Законы Планка, Ламберта, Кирхгофа, Стефана—Больцмана. Теплообмен излучением в прозрачных и поглощающих средах. Поглощательная и излучательная способности тела. Тепловое излучение в процессах интенсивного теплообмена, сушки и других технологических процессах.

### **Часть 2. Источники и системы теплоснабжения предприятий**

Методы определения потребности промышленных потребителей в паре и горячей воде. Тепловые сети. Методы определения расчетного расхода воды и пара. Тепловой и прочностной расчеты элементов тепловых сетей. Промышленные котельные. Тепловые схемы промышленных котельных и их расчет. Методы распределения нагрузки между котлами. Энергетические, экономические и экологические характеристики котельных. Теплоэлектроцентрали и их использование для теплоснабжения промышленных предприятий. Методика определения энергетических показателей теплоэлектроцентрали. Утилизационные котельные, теплонасосные установки и ТЭЦ, использующие вторичные энергетические ресурсы предприятий для генерации тепла и электроэнергии. Расчет тепловых схем, выбор режима работы утилизационных установок параллельно с заводскими и районными котельными, ТЭЦ и конденсационными электрическими станциями. Использование математического моделирования, пакетов прикладных программ, банков данных для расчета систем теплоснабжения.

### **Часть 3. Котельные установки и парогенераторы**

Источники теплоты промышленных котельных установок. Материальные и тепловые балансы котельных установок при работе на газообразном, жидком и твердом топливах. Расчет топочных устройств для сжигания газообразного, жидкого и твердого топлив и производственных отходов. Основы методики расчета простых и сложных контуров циркуляции. Пароперегреватели котлов. Методы регулирования температуры пара. Экономайзеры и их включение в питательные магистрали. Конструктивные схемы воздушных подогревателей.



Конструкции котлов с естественной циркуляцией, прямоточных и с многократной принудительной циркуляцией. Водогрейные и пароводогрейные котлы. Котлы высоко- и низконапорные, прямого действия и с водяными теплоносителями. Котлы, использующие теплоту технологического продукта. Очистка продуктов сгорания от твердых и газообразных примесей. Определение основных характеристик работы котельного агрегата по результатам испытаний.

#### **Часть 4. Тепломассообменное оборудование предприятий**

Рекуперативные теплообменники непрерывного и периодического действия, регенеративные теплообменники с неподвижной и подвижной насадками, газожидкостные и жидкостно-жидкостные смешительные теплообменники. Тепловой, гидравлический, прочностной расчеты рекуперативных теплообменников. Деаэраторы. Основы расчета. Испарительные, опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки. Тепловые схемы тепломассообменного оборудования. Физико-химические и термодинамические основы процессов выпаривания и кристаллизации. Основы теплового расчета выпарных и кристаллизационных установок. Перегонные и ректификационные установки. Физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки и ректификации. Принцип действия и основы расчета абсорбционных и адсорбционных аппаратов. Сушильные установки. Понятие и процессы сушки. Формы связи влаги с материалом. Основы кинетики и динамики сушки. Тепловой баланс конвективной сушильной установки. Факторы влияющие на скорость сушки. Теплообменники-утилизаторы для использования теплоты вентиляционных выбросов, отработанного сушильного агента, низкопотенциальных вторичных энергоресурсов. Основы расчета и подбора стандартного оборудования для систем утилизации тепла.

#### **2.2.2. Перечень выносимых на вступительные испытания вопросов**

1. Системы теплоснабжения промпредприятий. Их классификация, структура и основные элементы;
2. Виды тепловых нагрузок и их расчет. Режимы и графики теплопотребления. Теплоносители и их параметры;
3. Основные схемы отпуска тепла на ТЭЦ. Выбор оптимального значения коэффициента теплофикации. Выбор типа и количества основного оборудования ТЭЦ;
4. Классификация и характеристики паровых турбин. Назначение и области использования теплофикационных установок и их эффективность;
5. Взаимосвязь режимов тепловой сети и теплофикационных турбин;
6. Котельные установки. Классификация и области использования котлоагрегатов;
7. Топочные устройства. Их классификация;
8. Теплообменные аппараты. Классификация, схемы, конструкции;
9. Энтропийный метод определения энергетических и технико-экономиче-

- ских показателей ТЭЦ;
10. Паровые системы теплоснабжения: схемы, состав и режимы работы;
  11. Преимущества и недостатки водяных и паровых систем теплоснабжения;
  12. Методы регулирования отпуска тепла из систем централизованного теплоснабжения. Графики температуры и расхода теплоносителя;
  13. Рассеивание вредных выбросов в атмосфере. Классификация и конструкции дымовых труб;
  14. Золоуловители: принцип действия, конструкции;
  15. Сточные воды теплоэнергетических установок, методы их очистки;
  16. Энергетическое использование твердых бытовых отходов;
  17. Виды энергоаудита и их особенности;
  18. Энергосбережение в сушильных установках;
  19. Применение теплообменников-утилизаторов в системах вентиляции и кондиционирования;
  20. Применение тепловых насосов для энергосбережения;
  21. Применения оросительных теплообменников для утилизации теплоты уходящих газов;
  22. Выбор оптимальной толщины изоляции трубопроводов;
  23. Основные варианты гелиосистем и анализ их эффективности;
  24. Общие принципы энергосбережения в зданиях и сооружениях;
  25. Эксергетический метод определения энергетических и технико-экономических показателей ТЭЦ;
  26. Мусоросжигающие электростанции: технологические схемы, оборудование, экологические характеристики, экономика;
  27. Энергетические установки, работающие на низкокипящем теплоносителе;
  28. Энтропийный метод определения энергетических и технико-экономических показателей ТЭЦ;
  29. Производственный экологический контроль на примере пылеугольной ТЭЦ;
  30. Способы энергосбережения в ректификационных установках.

### **2.2.3. Учебно-методическое обеспечение**

#### **а) Основная литература:**

1. Стерман Л. С. Тепловые и атомные электрические станции: Учебник для вузов / Л. С. Стерман, В. М. Лавыгин, С. Г. Тишин. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Изд. дом МЭИ, 2008. – 463 с.
2. Костюк А.Г. Паровые и газовые турбины для электростанций: Учебник для вузов/ А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний. Изд. дом МЭИ, 2016, – 556 с.
3. Магадеев В. Ш. Источники и системы теплоснабжения / В.Ш. Магадеев. – М.: Энергия, 2017. – 272 с.
4. Громов Н. К. Городские теплофикационные системы / Н.К. Громов. – М.: Энергия, 2019. – 256 с.

5. Белан Ф. И. Водоподготовка. Учебник / Ф.И. Белан. – М.: Энергия, 2015. – 208 с.
6. Каула Р. Конденсационные установки. Принципы и детали устройства современных паровых конденсационных установок / Р. Каула, И. Робинсон, М. Яновский. – М.: Государственное техническое издательство, 2015. – 360 с.
8. Семенов Н. А. Котельные установки промышленных предприятий / Н.А. Семенов, Л.Н. Сидельковский, В.Н. Юренев. – М.: Государственное энергетическое издательство, 2018. – 392 с.
9. Беляев В. С. Энергоэффективность и теплозащита зданий / В.С. Беляев. – М.: АСВ, 2016. – 854 с.

б) Дополнительная литература:

1. Тепловые и атомные электростанции. Справочник. – М.: МЭИ, 2016. – 648 с.
2. В.А. Григорьев Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. Справочник / В.А. Григорьев, В.М. Зорин. – М.: Энергоатомиздат, 2014. – 552 с.
3. Бродов, Ю.М. Справочник по теплообменным аппаратам паротурбинных установок / Ю.М. Бродов. – М.: Московский энергетический институт (МЭИ), 2015. – 693 с.
4. Бакулин, В.Н. Газовые топлива и их компоненты. Свойства, получение, применение, экология. Справочник / В.Н. Бакулин. – М.: Московский энергетический институт (МЭИ), 2014. – 945 с.
5. Беляев, В. С. Методика расчета теплотехнических характеристик энергоэкономичных зданий / В.С. Беляев. – Москва: Мир, 2014. – 854 с.
6. Водяная система регулирования паровых турбин / В. Веллер и др. – М.: Энергия, 2018. – 264 с.

## **2.3. НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ «2.4.8. МАШИНЫ И АППАРАТЫ, ПРОЦЕССЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ И КРИОГЕННОЙ ТЕХНИКИ»**

### **2.3.1. Содержание программы профильной части**

**Часть 1.** Роль холодильной техники в развитии современной промышленности. Области применения искусственного холода. Краткие исторические сведения по развитию холодильной техники. История развития холодильной техники. Бурное развитие холодильной техники в 19 в., причины, следствия. Наиболее крупные ученые основоположники холодильной техники. Области использования искусственного холода, роль холода в развитии различных отраслей промышленности.

**Часть 2.** Физические основы получения холода. Способы получения искусственного холода, их характеристики. Основные процессы для получения низких температур: дросселирование, детандирование и т.д. Способы реализующие данные процессы.

**Часть 3.** Парокомпрессионные системы охлаждения, особенности и

показатели эффективности. Циклы холодильных машин, построение и расчет. Основные циклы парокомпрессионных холодильных машин: одноступенчатые, двухступенчатые, многоступенчатые, каскадные и т.д. Оценка эффективности холодильных машин: холодильный коэффициент, эксергитический и энтропийный анализы.

**Часть 4.** Абсорбционные холодильные машины, принципы действия, характеристики и расчет. Изображение процессов АБХМ в  $i - \zeta$  диаграмме. Абсорбционные холодильные машины – принцип действия, конструкция, расчет, рекомендуемые области применения. Диаграмма  $i - \zeta$  рабочего вещества АБХМ, изображение процессов.

**Часть 5.** Компрессор, как машина орудие, детандер – машина двигатель. Потери в компрессоре и детандере, анализ и их оценка. Холодильные компрессоры-типы, характеристики, основные расчетные положения. Энергетические характеристики компрессоров. Типы детандеров, конструкции поршневых, турбо-детандеров. Энергетические характеристики детандеров.

**Часть 6.** Термоэлектрические генераторы искусственного холода, физические основы процесса. Получение сверхнизких температур, физические принципы и методы реализации. Термоэлектрический способ охлаждения. Физические основы переноса тепла с помощью полупроводниковых охлаждающих приборов. Конструкции термоэлектрических модулей, конструкции термоэлектрических охлаждающих устройств на базе термоэлектрических модулей. Получение сверхнизких температур с помощью термоэлектрических охлаждающих приборов, каскадные термоэлектрические модули.

**Часть 7.** Идеальные и реальные газы, понятия газ и пар. Уравнение состояния идеального и реального газов. Первый и второй законы термодинамики и их приложение к анализу процессов получения искусственного холода. Понятие газа и пара, критическая точка. Уравнения состояния идеального и реального газа, пара. Анализ термодинамических систем эксергитическим, энтропийным методами.

**Часть 8.** Определение вакуума, степень вакуума, критерий Кнудсена. Принципы действия вакуумных систем охлаждения и замораживания. Базовые понятия о вакууме. Средства достижения вакуума, механические вакуумные насосы. Вакуумно-испарительный и вакуумно-сублимационный способы охлаждения, преимущества и недостатки, конструкции подобных систем.

**Часть 9.** Турбовоздушные холодильные установки, их особенности, преимущества и недостатки. Сравнение различных принципов получения искусственного холода. Газовые холодильные установки. Конструкции воздушных холодильных установок. Циклы газовых холодильных установок. Сравнение воздушной холодильной установки с парокомпрессионной на одинаковом уровне температур.

**Часть 10.** Разделение воздуха методом глубокого охлаждения. Криогенные рефрижераторы и оживители, рабочие вещества КГУ.

Воздухоразделительные системы. Значение жидких криопродуктов в промышленности. Криогенные гелиевые установки, рабочие вещества криогенных установок.

### **2.3.2. Перечень выносимых на вступительные испытания вопросов**

1. Особенности расчёта теплопередачи при низких температурах ведения процесса.
2. Структура потока и режимы кипения холодильных агентов внутри каналов.
3. Централизованная система конденсирования, разновидности ее исполнения. Основы расчётов.
4. Возобновляемые источники энергии и их использование в технике низких температур.
5. Классификация воздухоразделительных установок по признакам давления на компрессоре, возможности получения продуктов разделения в газообразном или сжиженном виде.
6. Особенности воздухоразделительных установок низкого давления, методики составления материального и теплового балансов.
7. Принципиальная схема воздухоразделительной установки малой производительности, с выдачей газообразного кислорода под высоким давлением посредством плунжерного криогенного насоса конструкции доц. Дробинина И.Н. Преимущества плунжерного криогенного насоса по сравнению с кислородным компрессором.
8. Рефрижераторные и ожижительные установки, принципиальные схемы их работы на уровне гелиевых температур.
9. Устройство и основные расчёты центростремительного детандера реактивно-активного типа конструкции П.Л. Капицы.
10. Резервуары для хранения и транспортировки ожиженных криопродуктов, особенности конструкции и основы расчёта.
11. Типы криогенной изоляции на основе вакуума. Формула д.т.н. Каганера М.Г. для расчета вакуумно-порошковой тепловой изоляции, физический смысл формулы. Расчет испарителя криопродукта при его хранении в стационарном резервуаре.
12. Случаи образования криоосадка из водного льда и инея на неизолированных участках низкотемпературного оборудования, методы учёта термического сопротивления криоосадка.
13. Классификация и расчёт камерных воздухоохладителей с учётом инеевыпадения на теплопередающей поверхности батареи.
14. Способы и подходы к доставке жидких криопродуктов потребителю. Централизованная и децентрализованная системы снабжения, преимущества и недостатки каждой.
15. Методы сжижения природного газа, их характеристики, преимущества и недостатки. Природный газ как энергоноситель.
16. Водород, методы получения и ожижения. Модификации водорода, орто- и параводород. Водородная энергетика. Металловодородные соединения.

17. Теоретические основы процесса конденсации холодильных агентов, пузырьковая и плёночная виды конденсации, формула Ньютона. Особенности конденсации на пучках труб, внутрикапельная конденсация.
18. Низкотемпературные холодильные машины, многоступенчатые, каскадные, вакуумно-испарительные. Причины перехода от одноступенчатого сжатия к многоступенчатому.
19. Охлаждение воды до околонулевой температуры, конструкции испарителей, получение водоледающей суспензии (бинарный лед), способы, преимущества и недостатки.
20. Очистка воздуха от влаги, углекислоты и ацетилена в воздухоразделительных установках, конструктивные особенности устройств.
21. Изображение процессов дросселирования, детандирования и охлаждения воздуха в теплообменниках в тепловых диаграммах.
22. Тепло- и массообмен между водой и воздухом, формула Меркеля, изображение процесса в  $i-d$  диаграмме. Методика расчёта вентиляторной градири.
23. Компрессоры динамического сжатия, центробежные, осевые, принцип действия, конструктивные особенности.
24. Рабочие вещества пароконденсационных холодильных машин, классификация рабочих веществ первичного контура, требования, предъявляемые к ним, критерии экологического воздействия на окружающую среду, принципы подбора.
25. Рабочие вещества вторичного контура (теплоохладители), требования, предъявляемые к ним, классификация веществ, их характеристики. Виды хладоносителей, совместимых с пищевыми продуктами, низкотемпературные хладоносители.
26. Криогенно-газовая машина, работающая по циклу Стирлинга, особенности рабочих процессов, протекающих в проточной части машины, изображение процесса в тепловых диаграммах.
27. Идеальный и реальные газы, уравнение состояния, его модификации, длина свободного пробега молекул, распределение молекул по скоростям, формула Максвелла-Больцмана. Законы идеальных газов.
28. Оребрение в аппаратах и системах техники низких температур, определение оребрения, классификация, технология нанесения. Температурная и тепловая эффективности ребра, система ребер, понятие приведенного коэффициента оребрения.
29. Влажный воздух,  $i-d$  диаграмма, абсолютная и относительная влажности, изображение процессов увлажнения воздуха в диаграмме. Уравнение расчета упругости насыщенных паров воды в зависимости от температуры воздуха.
30. Классификация тепловых аппаратов холодильных машин, основные и вспомогательные аппараты, функциональные и конструктивные признаки в системе классификаций. Виды расчётов аппаратов.
31. Действительный цикл паровой холодильной машины, основные потери и степень термодинамического совершенства действительного цикла. Опре-

- деление удельной холодопроизводительности и работы, совершенной в цикле.
32. Способы получения искусственного холода. Устройства, реализующие процесс понижения температуры, их характеристики.
  33. Термодинамический цикл газовой холодильной машины, изображение в тепловой диаграмме T-S, расчёт КПД цикла. Устройство турбовоздушной холодильной машины, особенности эксплуатации, преимущества и недостатки.
  34. Автоматизация холодильных машин, применение микропроцессов для программного регулирования режимов рабочих устройств получения искусственного холода. Приборы и системы автоматизации для контроля работы и защиты холодильной машины.
  35. Водный и сухой лёд, методы получения и классификация видов. Холодоаккумуляция, диаграммы двухкомпонентного раствора вода-соль. Понятие эффективной температуры. Эвтектические плиты как основа безмашинного охлаждения.
  36. Внутренняя энергия газа, теплосодержание и энтропия, как фундаментальные термодинамические понятия. Обратимые и необратимые процессы в газах.
  37. Вакуумные насосы, классификация и характеристики. Основная формула вакуумной техники и её смысл. Режимы течения газов, критерии перехода.
  38. Объемные компрессоры: поршневые, винтовые и спиральные, обобщенные показатели их работы, конструкции и основы расчёта. Области применения отдельных видов компрессоров.
  39. Термотрансформаторы (тепловые насосы). Источники теплоты низкого потенциала. Рабочие вещества тепловых насосов, их характеристики и области применения.
  40. Твердотельные рабочие вещества холодильных установок, их характеристики и области применения.
  41. Методы интенсификации теплообмена в аппаратах холодильных машин, классификация методов интенсификации конвективного теплообмена по Кирпикову В.А. Интенсификация теплообмена при кипении хладо- и криоагентов.

### 2.3.3. Учебно-методическое обеспечение

а) Основная литература:

1. Кудинов, В. А. Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для среднего профессионального образования / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 454 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-12196-4. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/457110>.

б) Дополнительная литература:

1. Холодильные машины: Учебник для студентов вузов специальности «Техника и физика низких температур» / А.В. Бараненко, Н.Н. Бухарин, В.И. Пекарев, Л.С. Тимофеевский; под общ. ред. Л.С. Тимофеевского. – СПб: Политехника, 2006. – 944 с.

2. Курылев, Е.С., Оносовский, В.В., Румянцев, Ю.Д. Холодильные установки: Учебник для студентов вузов – СПб: Политехника, 1999. – 576 с. 3

3. Маринюк, Б.Т. Теплообменные аппараты ТНТ. Конструктивные схемы и расчет. – М.: Энергоатомиздат, 2009. – 200 с.

## **2.4. НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ «2.4.2. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ»**

### **2.4.1. Содержание программы профильной части**

#### **Часть 1. «Регулируемые электрические приводы»**

Электропривод переменного тока. Структурная схема электропривода переменного тока. Асинхронный двигатель. Принцип действия, схема замещения, основные характеристики. Способы управления асинхронным двигателем. Уравнения асинхронного двигателя в неподвижной и вращающейся системе координат. Уравнения момента и движения асинхронного двигателя. Скалярное и векторное управление асинхронным двигателем. Вентильно-индукторный электропривод. Способы регулирования скорости асинхронного двигателя резисторами в цепи статора и ротора. Синхронный двигатель. Принцип действия. Естественные и искусственные механические характеристики. Режимы работы синхронного двигателя. Пуск, синхронизация и регулирование скорости синхронных двигателей. Специальные электрические двигатели. Вентильный двигатель с постоянными магнитами, управление электроприводом вентильного двигателя с постоянными магнитами. Принципы построения статических преобразователей частоты для электроприводов переменного тока и методы управления ими. Инверторы напряжения и инверторы тока. Элементная база транзисторных инверторов напряжения. Способы регулирования напряжения в двухступенчатых преобразователях частоты. Принципы построения частотно-регулируемых электроприводов. Электропривод по системе транзисторный коммутатор – вентильный двигатель с постоянными магнитами.

#### **Часть 2. «Микропроцессорные системы»**

Основные устройства, входящие в состав микропроцессорной системы. Основные магистрали, необходимые для обмена информацией в микропроцессорной системе. Микропроцессор и его основные характеристики. Основные этапы выполнения программы микропроцессором. Поступление внешней информации в микропроцессорную систему. Принципы организации взаимодействия микропроцессора и памяти. Микросхемы постоянных запоминающих устройств (ПЗУ). Разрядность микропроцессора и его внутренних регистров. Микросхемы оперативной памяти (ОЗУ). Функции



программного счетчика микропроцессора. Арифметико-логические устройства (АЛУ). Управляющие команды микропроцессора. Логические операции, выполняемые микропроцессором. Периферийные устройства микропроцессорной системы. Способы преобразования двоичных и десятичных чисел в шестнадцатиричную систему. Шестнадцатиричная система счисления. Порты ввода-вывода. Основные режимы работы микропроцессора. Сравнительный анализ микропроцессора и микроконтроллера. Регистры общего и специального назначения. Основные устройства, входящие в состав микропроцессора. Управляющие команды микропроцессора.

### **Часть 3. «Теория, конструкция и расчет электрооборудования транспортных средств»**

Способ измерения светотехнических единиц. Объективная и субъективная фотометрия. Основные параметры оптической системы светового прибора. Особенности светораспределения фар головного освещения с различными системами. Адаптивная система освещения. Основные электрические, светотехнические, экономические и эксплуатационные характеристики ламп накаливания. Основные характеристики и параметры генератора переменного тока. Основные электрические и технические характеристики источников тока. Принцип действия системы электроснабжения с регулятором напряжения. Схемы выпрямительных блоков генераторов, их характеристики и параметры. Основные характеристики генератора переменного тока. Пусковые качества ДВС. Рабочие и механические характеристики электростартеров. Расчетная мощность стартерного электродвигателя. Особенности конструкции и преимущества стартеров с постоянными магнитами и встроенным редуктором. Воспламенение рабочей смеси искровым разрядом. Пробивное напряжение. Характеристики системы зажигания. Устройство современных систем зажигания. Система зажигания с регулируемым временем накопления энергии. Назначение, принцип действия и особенности компонентов системы управления бензиновым двигателем.

### **Часть 4. «Управление системами транспортных средств»**

Регулирование напряжения генератора. Типы регуляторов напряжения. Системы облегчения пуска и их схемы управления. Бесконтактные датчики, применяемые для управления системой зажигания. Основные принципы построения микропроцессорной системы зажигания (МПСЗ). Схемы управления светодиодным освещением. Бортовая система контроля. Навигационные системы, типы, функциональные и принципиальные схемы. Система управления впрыском топлива бензиновых двигателей. Система управления топливopодачей дизельных двигателей. Антиблокировочные тормозные системы. Система управления трансмиссией и ходовой частью. Автоматическое управление агрегатами, влияющими на безопасность движения. Управление электроприводом постоянного тока.

## 2.4.2. Перечень выносимых на вступительные испытания вопросов

1. Электропривод переменного тока. Структурная схема электропривода переменного тока. Общие требования к электроприводу переменного тока.
2. Асинхронный двигатель. Принцип действия, схема замещения, основные характеристики.
3. Синхронный двигатель. Принцип действия. Естественные и искусственные механические характеристики.
4. Специальные электрические двигатели.
5. Принципы построения частотно-регулируемых электроприводов.
6. Способы управления асинхронным двигателем.
7. Режимы работы синхронного двигателя.
8. Вентильно-индукторный электропривод.
9. Регулирование частоты вращения электродвигателя постоянного тока.
10. Управление электроприводом постоянного тока.
11. Инверторы напряжения и инверторы тока.
12. Микропроцессор и его основные характеристики.
13. Основные устройства, входящие в состав микропроцессорной системы.
14. Основные магистрали, необходимые для обмена информацией в микропроцессорной системе.
15. Периферийные устройства микропроцессорной системы.
16. Порты ввода-вывода микропроцессоров.
17. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи.
18. Арифметико-логические устройства (АЛУ).
19. Микросхемы оперативной памяти (ОЗУ).
20. Способы преобразования двоичных и десятичных чисел в шестнадцатичную систему.
21. Сравнительный анализ микропроцессора и микроконтроллера.
22. Микросхемы постоянных запоминающих устройств (ПЗУ).
23. Управляющие команды микропроцессора.
24. Основные режимы работы микропроцессора.
25. Основные электрические и технические характеристики источников тока.
26. Вольтамперные и разрядные характеристики свинцовых стартерных аккумуляторных батарей.
27. Системы электроснабжения с дополнительным выпрямителем транспортных средств.
28. Регулирование напряжения генератора переменного тока.
29. Основные характеристики и параметры генератора переменного тока.
30. Фары головного освещения транспортных средств, назначение, характеристики и параметры.
31. Светотехнические характеристики фар головного освещения: световой поток, сила света, освещенность, яркость, закон Манжена.
32. Адаптивная система освещения.

33. Рабочие и механические характеристики электростартеров.
34. Основные рабочие характеристики системы зажигания ДВС.
35. Система зажигания с регулируемым временем накопления энергии.
36. Основные принципы построения микропроцессорной системы зажигания.
37. Воспламенение рабочей смеси бензинового двигателя искровым разрядом. Пробивное напряжение.
38. Пусковые качества ДВС.
39. Система управления бензиновым двигателем.
40. Антиблокировочные тормозные системы.
41. Устройство современных систем зажигания. Модуль зажигания.
42. Принцип действия системы электроснабжения с регулятором напряжения.
43. Автоматическое управление агрегатами, влияющими на безопасность движения транспортных средств.
44. Схемы управления светодиодным освещением.
45. Электродвигатели малой мощности для транспортных средств.
46. Дозирование топлива системой управления ДВС. Электромагнитные форсунки и их характеристики.
47. Стенды и приборы, используемые для проверки технического состояния генераторов, электростартеров и систем зажигания.

### 2.4.3. Учебно-методическое обеспечение

#### *а) Основная литература:*

1. Ильинский Н.Ф., Козаченко В.Ф. Общий курс электропривода. - М.: Энергоатомиздат, 2001.
2. Терехов В.М. Элементы автоматизированного электропривода. - М.: Машиностроение, 2006.
3. Ключев В.И. Теория электропривода. - М.: Машиностроение, 2002.
4. Токхайм Р. Микропроцессоры: Курс и упражнения. /Пер. с англ. Под ред. В.Н. Грасевича. М.: Энергоатомиздат, 2002, -336с.
5. Микропроцессорные системы: Учебное пособие для вузов / Е. К. Александров, Р. И. Грушвицкий, М. С. Куприянов, О. Е. Мартынов, Д. И. Панфилов. Т. В. Ремизевич, Ю. С. Татаринов, Е. П. Угрюмов И. И. Шагурин; Под общ. ред. Д. В. Пузанкова. — СПб: Политехника, 2002. — 935 с: ил.
6. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей. Учебник для вузов. -4-е изд., - М.: Горячая линия-Телеком. 2006 - 440с.
7. Чижков Ю.П., Акимов С.В. Электрооборудование автомобилей: Учебник для вузов. – М.: За рулем, 2004. –384с.
8. Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей и тракторов: Учебник. – М., 2007.
9. В.А. Набоких. "Электрооборудование автомобилей и тракторов". Учебник - М.: Изд-во "Академия", 2011. – 400с.

10. «Системы управления бензиновыми двигателями». Перевод с немецкого. Первое русское издание. – М.: ООО Книжное издательство «За рулем», 2005. - 432 с.
11. Системы управления бензиновыми двигателями. Перевод с немецкого. Первое русское издание. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. - 480 с,ил.
12. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: ЮНИТИ-ДАТА, 2010. - 551с.

*б) Дополнительная литература*

1. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода. - М.: Изд-во МЭИ,2000.
2. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. - М.: Машиностроение,2005.
3. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. - Л.: Машиностроение,2000.
4. Акимов А.В., Акимов С.В., Лейкин Л.П. Генераторы зарубежных автомобилей. – М.: Издательство «За рулем» 2003 –128с.
5. И. И. Шагурин. Современные микроконтроллеры и микропроцессоры Motorola : справочник. / М. 2004. 953 с.
6. Барретт С. Ф., Пак Д. Дж. Встраиваемые системы. Проектирование приложений на микроконтроллерах семейства 68HC12 / HCS12 с применением языка С. — М.: Издательский дом «ДМКпресс», 2007. — 640 с.
7. Ефремов И.С., Косарев Г.В. Теория и расчет электрооборудования подвижного состава городского электрического транспорта. - М.: Машиностроение,2002.
8. Поздеев А.А. Электромагнитные и электромеханические процессы в частотно регулируемых асинхронных электроприводах. - Чебоксары: Изд-во Чуваш. гос. ун-та,2008.
9. Квайт СМ. и др. Пусковые качества и системы пуска автотракторных двигателей/ СМ. Квайт, Я.А. Менделевич, Ю.П. Чижков. - М.: Машиностроение, 2000. - 256с.
10. Воронин П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение. – М.: Додэка-XXI. 2001. – 384с.
11. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. – М.: Додэка-XXI. 2005. – 528с.
12. Ермаков В.В., Д.В. Иванов. Планирование эксперимента в технике Учебное пособие для ВУЗов. - Тольятти 2003 г. . – 252с.
13. Пугачев В.С. Основы автоматического управления. Наука, 2004- 544 с.
14. Мельников А.А. Управление техническими системами автомобилей и тракторов (Системы электроники и автоматики). – М.: Изд-во «Академия» 2003. – 256 с.
15. Ефимов И.Е., Козырь И.Я. Основы микроэлектроники. – М.: Лань,2008. – 384 с.

16. Уайт Ч., Рендал М. Диагностика двигателя, коды неисправностей. Руководство. – СПб: Альфамер Паблишинг, 2009. – 304с.
17. Тюнин А.А. Диагностика электронных систем управления двигателями легковых автомобилей. – М.: Солон-пресс, 2007. – 352с.
18. Данов Б.А., Титов Е.И. Электронное оборудование иностранных автомобилей. Системы управления трансмиссией, подвеской и тормозной системой: Фольксваген, Опель, Мерседес, БМВ, Ситроен, Нисан, Вольво. – М.: Альянс, 2007. – 78с.

### ЧАСТЬ 3. РЕФЕРАТ

Реферат выполняется лицами, поступающими в аспирантуру, с целью предварительной оценки их возможной склонности к научной работе. Тема реферата выбирается самостоятельно исходя из научных интересов поступающего и предполагаемого направления научного исследования в рамках выбранной научной специальности, либо из предлагаемого кафедрами примерного перечня тем.

Реферат должен содержать введение, основную часть, заключение, список использованной литературы.

Во введении освещается актуальность темы (научной проблемы), цели и задачи работы.

Основная часть должна раскрывать теоретические основы темы, вклад российских и зарубежных ученых в ее разработку, наиболее важные проблемы, выявленные в ходе научного исследования, собственную позицию автора по излагаемым вопросам, а также содержать практические материалы: опыт конкретных предприятий и организаций, соответствующую статистику, аналитические данные и др. по теме научного исследования. Таблицы, графики, диаграммы выполняются автором самостоятельно (сканирование не допускается).

В заключении автор должен обобщить результаты научного исследования, сформулировать предложения и выводы. Обязательным условием выполнения реферата является самостоятельность, научный подход и творческая направленность излагаемых вопросов.

Объем реферата - 20-25 стр. (шрифт 14 Times New Roman, полуторный интервал). Оформление реферата должно соответствовать стандартам: поля - 20 мм – левое, верхнее, нижнее; правое – 10 мм. Образец оформления титульного листа реферата представлен в Приложении А. В части неуказанных требований к оформлению реферата руководствоваться ГОСТ 7.32.-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

В числе использованной литературы должны быть работы отечественных и зарубежных авторов, статьи периодических изданий, Интернет ресурсы, нормативные документы. Используемые источники обязательно должны содержать работы за последние 3-5 лет.

На реферат в обязательном порядке предоставляется отзыв, подписанный потенциальным научным руководителем лица, поступающего в аспирантуру, или мотивированное заключение кафедры, профильной по выбранной научной специальности, и подписанное заведующим кафедрой и назначенным ведущим специалистом по теме исследования.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

Образец титульного листа реферата  
по специальности для поступления  
в аспирантуру Университета

*Фамилия, имя, отчество автора*

**РЕФЕРАТ**

для поступления в аспирантуру по научной специальности

*(код и наименование научной специальности)*

на тему:

Москва 20\_\_