

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Санкт-Петербургский горный университет»**

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**  
на направление подготовки магистратуры

**13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**  
по образовательной программе  
**«Технологии производства электрической и тепловой энергии»**

**Санкт-Петербург  
2019**

Программа вступительного испытания в магистратуру по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень магистратуры) разработана на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата) и утверждена на заседании кафедры теплотехники и теплоэнергетики (протокол № 2 от 17 сентября 2019 г.)

## **I. Методические указания к программе вступительного испытания**

Магистратура предназначена для выпускников российских и зарубежных ВУЗов, имеющих дипломы бакалавра или специалиста, в том числе не обучавшихся ранее по направлению подготовки Теплоэнергетика и теплотехника.

Учеба в магистратуре предполагает углубленное изучение иностранного языка, прикладную научно-исследовательскую работу, зарубежную мобильность и лекции специалистов российских и европейских университетов и производителей.

### **Область профессиональной деятельности**

Области профессиональной деятельности и (или) сферы профессиональной деятельности, в которых выпускники, освоившие программу магистратуры, могут осуществлять профессиональную деятельность: образование и наука (в сфере научных исследований), строительство и ЖКХ (в сфере проектирования и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники), добыча, переработка, транспортировка нефти и газа (в сфере регулирования потоков и формирования балансов углеводородного сырья), электроэнергетика (в сфере теплоэнергетики и теплотехники), атомная промышленность (в сфере эксплуатации тепломеханического и теплообменного основного и вспомогательного оборудования), производство машин и оборудования (в сфере проектирования объектов теплоэнергетики и теплотехники), в сфере обеспечения безопасной эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением.

Выпускники могут осуществлять профессиональную деятельность в других областях и (или) сферах профессиональной деятельности при условии соответствия уровня их образования и полученных компетенций требованиям к квалификации работника.

## **II. Содержание, структура и форма проведения вступительного испытания**

Вступительные испытания в виде письменного экзамена проводятся с целью определения возможности поступающих осваивать соответствующую профессиональную образовательную программу подготовки магистров по направлению 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника и определяют уровень

усвоения испытуемым материала, охватывающего дисциплины учебного плана в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования.

На вступительном испытании соискатель должен продемонстрировать сформированность основных профессиональных компетенций в высшем учебном заведении по программам бакалавриата:

- способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовность использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- готовность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и способность привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- способность проводить расчеты основного теплоэнергетического оборудования по типовым методикам и выполнять предэскизное проектирование отдельных деталей и узлов с использованием стандартных программных средств в соответствии с техническим заданием;
- способность к проведению экспериментов по заданной методике и анализу результатов с привлечением соответствующего математического аппарата;
- способность использовать знания фундаментальных разделов естественнонаучного и профессионального циклов для понимания физической сущности процессов, протекающих в объектах теплообменного энергетического оборудования.

Основной целью вступительного испытания в магистратуру является определение возможности к обучению по программе, а также знаний:

- основной терминологии, относящейся к теплотехнике и теплоэнергетике;
- понятий и законов термодинамики, теплообмена и гидрогазодинамики;
- основных принципов и законов функционирования теплоэнергетических систем, а также методов их анализа, расчета и синтеза;
- принципов действия современных типов теплогенерирующих установок, особенностей их схем и конструкций;
- основы теории и пути повышения энергоэффективности в теплоэнергетике.

### Структура экзамена

Вступительное испытание по направлению подготовки магистратуры 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника проводится в виде письменного экзамена, включающего в себя 50 (пятьдесят) тестовых заданий и 2 (два) вопроса, требующих

развернутого ответа. Продолжительность вступительного испытания 2 (два) астрономических часа.

### **III. Разделы, рассматриваемые в ходе вступительного испытания**

#### **Раздел 1.**

1. Термическое уравнение состояния идеального газа. Универсальная газовая постоянная, газовая постоянная данного газа.
2. Параметры и функции состояния вещества. Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, их полные и удельные величины и обозначения.
3. 1-й закон термодинамики: формулировки, аналитическое выражение применительно к термодинамическим процессам.
4. Смеси идеальных газов, парциальное давление. Закон Дальтона. Газовая постоянная смеси газов.
5. Теплоемкость идеального газа, теплоемкости  $c_p$  и  $c_v$ , их особенности и связь между ними, зависимость теплоемкости от температуры. Теплоемкость газовых смесей.
6. Функции процесса с рабочим телом: теплота и работа (механическая), их вычисления в термодинамических процессах идеального газа.
7. Цикл, термический КПД, источники тепла. Цикл Карно, обратимость цикла.
8. Энтропия: физическое содержание. Изменение энтропии в необратимых процессах и циклах.
9. 2-й закон термодинамики, его формулировки.
10. Основные термодинамические процессы: виды (наименования), обобщенные уравнения, рабочая и тепловая диаграммы процессов.
11. Процессы сжатия газа в компрессоре: идеальная и реальная диаграммы и работа цикла. Многоступенчатое сжатие газа.
12. Максимальная работоспособность термодинамической системы. Эксергия теплоты и потока рабочего тела. Эксергетический КПД. Потеря эксергии при необратимых процессах.
13. Свойства влажного воздуха. Теплоемкость и энтальпия влажного воздуха,  $h-d$ -диаграмма влажного воздуха.
14. Вода и водяной пар, удельные параметры (давление и температура), функции состояния в фазовых переходах (энтальпия, энтропия), диаграммы и наименования состояния в координатах  $v-p$ ,  $s-T$ . Состояние среды в критической точке.
15. Физические свойства жидкости. Уравнения гидростатики. Закон Паскаля.

16. Кинематика жидкости. Уравнения неразрывности для одномерного и трехмерного течения.
17. Уравнение Бернулли. Геометрическая и энергетическая интерпретации уравнения Бернулли.
18. Явление кавитации при течении жидкости. Последствия кавитации в теплоэнергетических устройствах.
19. Основные уравнения газовой динамики. Скорость звука и число Маха. Критическая и максимальная скорости газа.
20. Связь скорости газа с сечением потока. Сопло Лаваля.
21. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания: Отто, Дизеля, Тринклера. Расчет теплоты, работы и КПД цикла. Соотношения параметров состояния рабочего тела в процессах цикла.
22. Теплосиловые паровые циклы Карно и Ренкина, анализ потерь.
23. Методы повышения термического КПД цикла Ренкина: промежуточный перегрев пара, регенеративный подогрев питательной воды, диаграммы цикла, расчетные соотношения КПД.
24. Термодинамические циклы и основные типы холодильных машин.
25. Термодинамические циклы и основные типы тепловых насосов

## **Раздел 2.**

1. Температурное поле тела, изотермы, температурный градиент. Уравнения стационарного и нестационарного температурного поля.
2. Тепловой поток. Закон Фурье. Перенос теплоты, теплопроводность веществ: обозначение, физический смысл, размерность, величины для различных веществ.
3. Условия и допущения для вывода дифференциального уравнения теплопроводности.
4. Общее дифференциальное уравнение теплопроводности .
5. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях первого рода через плоскую стенку.
6. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях первого рода через цилиндрическую стенку.
7. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях третьего рода через плоскую стенку
8. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях третьего рода через цилиндрическую стенку.
9. Методы снижения тепловых потерь в трубопроводах. Критический диаметр изоляции.
10. Теплопроводность при наличии внутреннего источника теплоты.

11. Основные понятия теплоотдачи. Закон Ньютона-Рихмана: дифференциальная и интегральная формы уравнения, графическая интерпретация.
12. Подобие и моделирование процессов теплообмена. Числа подобия Нуссельта, Пекле, Грасгофа, Архимеда, их физический смысл, расчетные формулы.
13. Теплоотдача при свободной конвекции.
14. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости.
15. Расчет коэффициента теплоотдачи при продольном и поперечном омывании трубы.
16. Теплоотдача при кипении. Кризисы теплообмена 1 и 2 рода.
17. Теплоотдача при конденсации
18. Теплообмен излучением, закон Стефана-Больцмана.
19. Лучистый теплообмен между телами.
20. Сложный теплообмен.
21. Классификация теплообменных аппаратов (ТОА). Тепловой расчет рекуперативного ТОА: основная задача, средняя разность температур (с графиками тепловых схем). Уравнения теплопередачи и баланса теплоты (с учетом КПД ТОА) рабочих сред.
22. Гидромеханический расчет теплообменного аппарата: цель, виды гидравлических сопротивлений, расчет потерь напора и мощности, необходимой для перемещения жидкости.

### **Раздел 3.**

1. Классификация нагнетателей. Основные рабочие параметры машин, подающих жидкости и газы.
2. Параметры, характеризующие совместную работу насоса и трубопроводной системы. Последовательное и параллельное соединение нагнетателей.
3. Уравнение Леонарда Эйлера для определения теоретического напора центробежного насоса.
4. Определение гидравлического КПД, объемного КПД, внутреннего КПД, общего механического КПД, полного КПД нагнетателя.
5. Способы регулирования центробежных нагнетателей.
6. Испытания насосов. Какие характеристики снимаются при испытаниях? Определение допустимой высоты всасывания жидкости.
7. Физический смысл явления кавитации и ее влияния на работу центробежных насосов, мероприятия по борьбе с кавитацией.

8. Определение самотяги. Формула для расчета, в каком оборудовании энергетического блока она реализуется и ее влияние на работу дымососа.
9. Принципиальная схема и принцип действия струйного насоса.
10. Принципиальная тепловая схема паротурбинной установки (ПТУ) с основными элементами энергоблока.
11. Тепловая схема энергоблока с промежуточным перегревом, 3-мя отборами пара на подогреватель низкого давления, деаэратор и подогреватель высокого давления.
12. Назначение, принцип работы деаэратора в тепловой схеме паротурбинного энергетического блока.
13. Преобразование энергии в турбинной ступени.
14. Назначение конденсатора паротурбинной установки. Необходимость создания и причина возникновения вакуума в конденсаторе паровой турбины.
15. Влияние влажности пара на износ проточной части турбины.
16. s-h-диаграмма расширения пара в многоступенчатой турбине с промежуточным перегревом и нерегулируемыми отборами пара.
17. Причины, необходимость и решаемые задачи перехода от тепловых электростанций к теплоэлектроцентралям.
18. Причины падения и способы поддержания вакуума в конденсаторе паровой турбины.
19. Принцип действия парогазовой тепловой электростанции, достоинства и недостатки применения ПТУ+ГТУ в стационарной энергетике.
20. Диапазоны КПД, свойственные тепловым электростанциям, ПТУ+ГТУ и теплоэлектроцентралям.
21. Тепловой цикл и КПД паротурбинной установки. Методы повышения эффективности паротурбинных установок.

## **РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

### **Основная литература**

1. Андреев В.В., Лебедев В.А., Спесивцев Б.И. Теплотехника: учебник, электронное издание, № госрегистрации 0321601812, СПб, СПГУ «Горный», 2016.
2. Луканин, В.Н. Теплотехника. 7-е изд., испр. / В.Н. Луканин, М.Г. Шатров и др. - М.: Высшая школа, 2009. - 671 с.
3. Теплотехника: учебник для студ. высш. учеб. заведений (под. ред. М.Г. Шатрова. – 2-е изд., испр.)/М.Г. Шатров, И.Е. Иванов, С.А. Пришвин, Л.М.

- Матюхин, А.Ю. Дунин, В.Е. Ерещенко. М.: Издательский центр "Академия", 2012 г., 288 с.
4. Руднева, Л.В. Теплотехника. Учебное пособие. 2-е изд., стер. / Л.В. Руднева. - СПб.: Лань П, 2016. - 208 с.

### Дополнительная литература

1. Тепломассообмен. Учебное пособие для вузов./Ф.Ф. Цветков, Б.А. Григорьев. 2-е изд., испр. и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2006. - 550 с., ил.
2. Бельский А.П., Лакомкин В.Ю. Специальные вопросы тепломассообмена в энергетических и теплотехнологических процессах и установках: учебное пособие. - Изд. 2-е, испр. и доп. - ГОУ ВПО СПбГТУРП. - СПб., 2011. - 98 с.
3. Сапожников С.З. Китанин Э.Л. Техническая термодинамика и теплопередача: Учебник для вузов. - СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999. - 319 с.
4. Теплотехника. Учебник. /А.М. Архаров и [др.] – 3-е изд., – М.: Энергия, 2011.
5. Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники: Учебное пособие. - Москва. Издательство "Машиностроение", 2005. - 260 с.

### Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

#### Библиотеки

- |   |  |  |
|---|--|--|
| 1 | Библиотека Санкт-Петербургского горного университета             | <a href="http://www.spmi.ru/univer/biblio">www.spmi.ru/univer/biblio</a> |
| 2 | Российская государственная библиотека                            | <a href="http://www.rsl.ru">www.rsl.ru</a>                               |
| 3 | Российская национальная библиотека                               | <a href="http://www.nlr.ru">www.nlr.ru</a>                               |
| 4 | Библиотека Академии наук   | <a href="http://www.rasl.ru">www.rasl.ru</a>                             |
| 5 | Библиотека по естественным наукам РАН                            | <a href="http://www.benran.ru">www.benran.ru</a>                         |
| 6 | Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) | <a href="http://www.viniti.ru">www.viniti.ru</a>                         |



- 7 Государственная публичная научно-техническая библиотека [www.gpntb.ru](http://www.gpntb.ru)
- 8 Научная библиотека Санкт-Петербургского государственного университета [www.geology.spbpu.ru/library/elibrary.ru](http://www.geology.spbpu.ru/library/elibrary.ru)
- 9 Научная электронная библиотека eLIBRARYRU

#### Специальные интернет-сайты

- 1 Информационно-справочный сайт [www.exponenta.ru](http://www.exponenta.ru)
- 2 Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" [window.edu.ru/window/](http://window.edu.ru/window/)