

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

/Д.С. Гуц/

«30» октября 2023 года

**ПРОГРАММА**

**вступительного испытания для поступающих в аспирантуру**

**2.4 Энергетика и электротехника**

*шифр и наименование группы научных специальностей*

**2.4.6 Теоретическая и прикладная теплотехника**

*шифр и наименование научной специальности*

Красноярск 2023

Настоящая программа составлена на основе дисциплин направлений «Теплоэнергетика и теплотехника» и предназначена для сдачи вступительного испытания по специальности 2.4.6 – Теоретическая и прикладная теплотехника. Цель вступительного испытания заключается в выявлении готовности претендента к освоению учебного плана по программе аспирантуры.

### **1. Перечень теоретических вопросов**

#### **Элементы молекулярно-кинетической теории**

1. Макроскопическое состояние. Физические величины и состояния физических систем. Макроскопические параметры как средние значения. Тепловое равновесие.
2. Модель идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Понятие о температуре.
3. Явления переноса. Диффузия. Теплопроводность. Коэффициент диффузии. Коэффициент теплопроводности. Температуропроводность.
4. Диффузия в газах, жидкостях и твердых телах. Вязкость. Коэффициенты вязкости газов и жидкостей.

#### **Элементы термодинамики**

5. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия. Интенсивные и экстенсивные параметры. Обратимые и необратимые процессы. Энтропия.
6. Второе начало термодинамики. Термодинамические потенциалы и условия равновесия.
7. Тепло- и массообмен при фазовых превращениях. Расчет коэффициентов теплоотдачи при кипении и конденсации. Методы численного решения уравнений тепло- и массопереноса.
8. Механизм теплообмена при пузырьковом кипении жидкости в неограниченном объеме. Контактный теплообмен.
9. Радиационный теплообмен. Законы Планка, Ламберта, Кирхгофа, Стефана—Больцмана.
10. Теплообмен излучением в прозрачных и поглощающих средах. Процессы смесеобразования. Молекулярная и турбулентная диффузия. Смесеобразование в турбулентных слоях. Аналогия между диффузией и теплообменом.
11. Процессы воспламенения и распространения пламени. амовоспламенение и зажигание горючих смесей. Тепловая и цепная теория самовоспламенения. Механизм и кинетика горения индивидуальных газов. Механизм термического разложения углеводородов. Диффузионный, кинетический и смешанный принципы сжигания. Химический потенциал. Условия химического равновесия.
12. Цикл Карно. Максимальный к.п.д. тепловой машины.
13. Фазы и условия равновесия фаз. Термодинамика поверхности раздела двух фаз.
14. Поверхностные энергия и натяжение. Капиллярные явления.
15. Фазовые превращения. Фазовые диаграммы.
16. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Критическая точка.
17. Изотермы Ван-дер-Ваальса.
18. Микроскопические — параметры. Вероятность и — флуктуации.
19. Распределение Максвелла. Средняя кинетическая энергия частицы.
20. Распределение Больцмана. Теплоемкость многоатомных газов.
21. Ограниченность классической теории теплоемкости.
22. Локальное и неполное равновесие. Релаксационные явления. Времена релаксации различных процессов приближения к тепловому равновесию.
23. Броуновское движение. Связь диффузии с броуновским движением.
24. Чувствительность измерительных приборов. Шумы.
25. Понятие о принципе Онзагера. Понятие о перекрестных эффектах.

26. Модель системы в термостате. Каноническое распределение Гиббса. Статистический смысл термодинамических потенциалов и температуры. Роль свободной энергии.
27. Распределение Гиббса для системы с переменным числом частиц.
28. Энтропия и вероятность. Определение энтропии равновесной системы через статистический вес макросостояния.
29. Статистическое описание квантовой системы. Различие между квантовомеханической и статистической вероятностями.
30. Принцип Нернста и его следствия. Квантовые идеальные газы.
31. Функции распределения Бозе и Ферми.
32. Энтропия как количественная мера хаотичности. Принцип возрастания энтропии. Переход от порядка к беспорядку в состоянии теплового равновесия. Роль фазовых переходов.
33. Ближний и дальний порядок. Параметр порядка. Координационный и ориентационный порядки. Возникновение дальнего порядка.
34. Жидкие кристаллы. Кристаллическая решетка. Структурное упорядочение кристаллов.
35. Понятие о магнитном порядке. Неупорядоченные макросистемы. Макросистемы вдали от равновесия.
36. Открытые диссипативные системы. Появление самоорганизации в открытых системах и превращение флуктуаций в макроскопические эффекты.
37. Роль нелинейности. Понятие о бифуркациях. Идеи синергетики.

#### **Источники и системы теплоснабжения предприятий**

38. 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.
39. Промышленные котельные. Тепловые схемы и их расчет. Методы распределения нагрузки между котлами. Энергетические, экономические и экологические характеристики котельных.
40. Теплоэлектроцентрали промышленных предприятий. Методика определения энергетических показателей теплоэлектроцентралей.
41. Утилизационные котельные, теплонасосные установки и ТЭЦ, использующие вторичные энергетические ресурсы предприятий для генерации тепла и электроэнергии.
42. Когенерационные и тригенерационные установки. Теплонасосные и холодильные установки, области применения, показатели эффективности.

#### **Котельные установки и парогенераторы**

43. Источники теплоты промышленных котельных установок. Материальные и тепловые балансы котельных установок при работе на газовом, жидком и твердом топливах.
44. Пароперегреватели котлов. Методы регулирования температуры пара. Экономайзеры и их включение в питательные магистрали.
45. Конструктивные схемы воздушных подогревателей. Конструкции котлов с естественной циркуляцией, прямоточных и с многократной принудительной циркуляцией.
46. Водогрейные и паро-водогрейные котлы. Котлы высоко- и низконапорные, прямого действия и с неводяными теплоносителями. Котлы, использующие теплоту технологического продукта

#### **Тепломассообменное оборудование предприятий**

47. Рекуперативные теплообменники непрерывного и периодического действия, регенеративные теплообменники с неподвижной и подвижной насадками, газожидкостные и жидкостно-жидкостные смесительные теплообменники.
48. Испарительные, опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки. Тепловые схемы и принцип работы.

49. Физико-химические и термодинамические основы процессов выпаривания и кристаллизации. Основы теплового расчета.
50. Перегонные и ректификационные установки. Физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки и ректификации.
51. Процессы термовлажностной обработки воздуха. Теплообменники с влаговываждением.
52. Сушильные установки. Понятие и процессы сушки. Формы связи влаги с материалом. Основы кинетики и динамики сушки.
53. Теплообменники-утилизаторы для использования теплоты вентиляционных выбросов, отработанного сушильного агента, низкопотенциальных вторичных энергоресурсов.

#### **Тепловые двигатели и нагнетатели**

54. Место нагнетателей и тепловых двигателей в системах теплоэнергоснабжения промышленных предприятий. Классификация и область применения нагнетателей объемного действия и поршневых детандеров.
55. Схемы поршневых компрессоров. Принцип работы поршневого детандера. Холодопроизводительность, КПД и отводимая мощность поршневого детандера.
56. Теоретическая характеристика нагнетателя. Общая классификация потерь в нагнетателях. Способы изменения характеристики вентилятора. Особенности работы насосов в сети.
57. Центробежные и осевые компрессоры. Основные способы изменения характеристики компрессора.
58. Типы паровых турбин. Работа и мощность турбинной ступени. Типы потерь в проточной части турбины. Принципиальные схемы паротурбинных установок.
59. Схемы газотурбинных установок. Особенности работы высокотемпературных ступеней газовой турбины. Работа газовой турбины в составе энергетических и приводных установок. Особенности работы турбодетандеров.
60. Газопоршневые двигатели. Энергетические установки на основе органического цикла Ренкина. Принцип действия и область применения двигателей Стирлинга.

#### **Технологические энергоносители предприятий**

61. Системы производства и распределения энергоносителей на промышленных предприятиях. Характеристика энергоносителей. Методика определения потребности в энергоносителях.
62. Система воздухообеспечения.
63. Прямоточные, оборотные и бессточные системы технического водоснабжения. Расчет системы газоснабжения. Газовый баланс предприятия.
64. Проблемы очистки, аккумулирование, использование избыточного давления.
65. Проблемы защиты окружающей среды.
66. Системы холодоснабжения

#### **Энергетика теплотехнологий**

67. Методологические основы создания энерго- и ресурсосберегающих, экологически совершенных теплотехнологических установок и систем. Метод предельного энергосбережения.
68. Энергоэкономические и технологические характеристики источников энергии в теплотехнологии, их взаимосвязь с физико-химическим содержанием и организацией технологического процесса.
69. Основные принципы и критерии сравнительной оценки и выбора источников энергии теплотехнологии.
70. Принципы эффективного комбинирования источников энергии.
71. Способы термохимической подготовки топлива и других энергоносителей к использованию в теплотехнологических установках.

72. Технология сжигания топлива в высокотемпературных теплотехнологических установках. Огневое обезвреживание и регенерация производственных отходов.
73. Материальный, энергетический, тепловой, эксергетический балансы теплотехнологических установок и систем. Оценка материальных и энергетических потерь, система КПД.
74. Термодинамические идеальные теплотехнические установки и системы. Теоретический минимум энергозатрат (расход топлива) на процесс.
75. Энергоэкономические критерии оценки совершенства тепловых схем теплотехнологических установок.
76. Принципы построения энергосберегающих тепловых схем. Энергоэкономический анализ, структурная и параметрическая оптимизация тепловых схем с регенеративным теплоиспользованием, с внешним замыкающим технологическим и внешним замыкающим энергетическим теплоиспользованием.
77. Оптимизация комбинирования регенеративного, внешнего технологического и внешнего энергетического теплоиспользования.
78. Тепловые схемы технологических, комбинированных и энергетических систем и комплексов.
79. Физические основы и условия организации эффективной теплотехнологической обработки материалов на основе теплотехнических принципов плотного фильтруемого, кипящего, взвешенного и пересыпающегося слоев технологического материала.
80. Физические основы и условия организации эффективной теплотехнологической обработки материалов на основе теплотехнического принципа погруженного в расплав факела.
81. Тепло- и массообмен в расплавах в отсутствие и при наличии газового барботажа.
82. Плавление технологического материала, нагрев расплава, растворение твердых частиц и гомогенизация расплава в ванне. Нагрев изделий и заготовок в расплаве.

## **2. Рекомендуемая литература**

1. Коновалов, В. И. Техническая термодинамика: учебник для вузов / В.И. Коновалов. Федеральное агентство по образованию; ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет» – Иваново, 2005. – 620 с.
2. Бухмиров, Вячеслав Викторович. Тепломассообмен: учебное пособие для бакалавров / В. В. Бухмиров ; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУВПО "Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина".—Иваново: Б.и., 2014.—360 с.
3. Самойлович Г.С. Гидрогазодинамика: учеб. для вузов /В.А. Кудинов, Э.М. Карташов - 3-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2008. – 496 с.
4. Пыжов, В.К. Энергетические системы обеспечения жизни и деятельности человека. /Учебник ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина».– Иваново, 2014. –524 с.
5. Арсенов В.Г. Воздухоснабжение промышленных предприятий : учеб. пособие. – Иваново, ИГЭУ, 2014. – 280 с.
6. Сидельский Л.Н. Котельные установки промышленных предприятий: учеб. пособие для вузов/ Л.Н. Сидельский, В.Н. Юрнев, изд.4-е, репр. – М.: Бастет, 2009, – 528 с.
7. Субботин В.И. Источники теплоснабжения и их режимы работы: Учеб. пособие. Изд. 2-е, доп. ГОУВПО “Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина”. – Иваново, 2010. – 400 с.
8. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. - 7-е изд., стереот. М.: Издательство МЭИ, 2001. –472 с.

9. Пыжов В.К. Проектирование и эксплуатация систем кондиционирования, вентиляции и отопления: учебное пособие / В. К. Пыжов; ГОУВПО "Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина". –Иваново: Б.и., 2011. –568 с.
10. Васильев С.В. Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий: учебно-методическое пособие / С. В. Васильев, В. Г. Арсенов, С. Н. Ярунин ; ГОУВПО "Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина. – Иваново:, 2007. –168 с.
11. Захаров В.М. Ректификационные установки: учебное пособие / В. М. Захаров ; ФГБОУВПО "Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина". –Иваново: Б.и., 2013. –272 с.
12. Захаров В.М. Выпарные установки: учебно-методическое пособие / В. М. Захаров ; ГОУВПО "Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина". – Иваново:, 2005. –56 с.
13. Захаров В.М. Расчёт воздуходелительных установок высокого давления: учебное пособие / В. М. Захаров; ФГБОУВПО "Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина". –Иваново:, 2014. –268 с.

Программу составили:

д-р техн. наук, профессор В.А.Кулагин

д-р техн. наук, профессор Т.А.Кулагина

Директор Политехнического института \_\_\_\_\_

  
М.В. Первухин