

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева
Сибирского отделения Российской академии наук

РАЗРАБОТАНО И ПРИНЯТО

Приемной комиссией

(протокол заседания от 24.12.2024 г. №1)

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора института,
академик РАН

В.А. Стенников

(приказ ИСЭМ СО РАН
от 27.12.2024 г. № 37-О)



**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ
при приеме в аспирантуру в 2025/2026 учебном году
по научной специальности**

2.4.5. Энергетические системы и комплексы

1. Общие положения

1. Программа вступительных испытаний при приеме в аспирантуру в 2025/2026 учебном году по научной специальности 2.4.5. Энергетические системы и комплексы (далее – программа вступительных испытаний по специальности) определяет содержание и критерии оценивания экзамена по специальности для приема на обучение по образовательной программе высшего образования – программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.4.5. Энергетические системы и комплексы (далее – программе аспирантуры) на 2025/2026 учебный год в Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук (далее – ИСЭМ СО РАН или Институт).

2. Программа вступительных испытаний предназначена для экзаменационной комиссии по специальности и поступающих на обучение по программе аспирантуры (далее – поступающие).

3. Программа вступительных испытаний по специальности разработана в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по направлениям подготовки специалитета и магистров «Теплоэнергетика и теплотехника».

4. Программа вступительных испытаний пересматривается и обновляется с учетом изменений нормативно-правовой базы Российской Федерации в области высшего образования и локальных документов, регламентирующих процедуру приема в ИСЭМ СО РАН. Изменения, внесенные в программу вступительных испытаний, рассматриваются на заседании Приемной комиссии Института.

Программа вступительных испытаний по специальности утверждается директором Института.

5. Программа вступительных испытаний публикуется на официальном сайте ИСЭМ СО РАН <http://isem.irk.ru> в соответствии с Правилами приема.

6. Целью вступительного испытания по специальности (далее – вступительного испытания) является определение уровня компетенций, знаний и навыков по специальности у поступающих в Институт и создание условий для обеспечения конкурсного отбора кандидатов.

7. Вступительные испытания по специальности проводятся на русском языке.

8. Вступительные испытания проводятся в устной форме.

9. Институт проводит вступительные испытания с использованием и без использования дистанционных технологий.

Порядок проведения вступительных испытаний с использованием дистанционных технологий регулируется Регламент проведения вступительных испытаний с использованием дистанционных технологий при приеме в аспирантуру на 2025/2026 учебный год.

10. Организация и проведение вступительных испытаний осуществляется в соответствии с Правилами приема в аспирантуру на 2025/2026 учебный год, утвержденными директором Института.

По результатам вступительных испытаний, поступающий имеет право на апелляцию в порядке, установленном в Правилах приема в аспирантуру на 2025/2026 учебный год и Правилах подачи и рассмотрения апелляции по результатам вступительных испытаний проводимых институтом при приеме в аспирантуру на 2025/2026 учебный год.

2. Содержание вступительных испытаний

11. Вступительные испытания по специальности проводятся в устной форме по индивидуальным экзаменационным билетам.

12. Количество экзаменационных билетов должно превышать количество поступающих.

13. Между поступающими экзаменационные билеты распределяются в случайном порядке. Выдача экзаменационных билетов по специальности осуществляется одновременно всем поступающим по научной специальности 2.4.5. Энергетические системы и комплексы независимо от формы проведения вступительного испытания с использованием или без использования дистанционных технологий не менее чем за 24 часа до начала экзамена.

14. Каждый экзаменационный билет содержит три вопроса.

15. Вопросы экзаменационных билетов составляются на основе следующих дисциплин: теоретические основы теплотехники; теплоснабжение; охрана окружающей среды; энергосбережение.

16. Общие вопросы в экзаменационных билетах:

Теплоэнергетика, ее место и значение в топливно-энергетическом комплексе страны.

Теплоэнергетические и теплотехнологические комплексы промпредприятий. Обобщенное понятие о системе теплоэнергоснабжения промпредприятия и входящих в её состав систем производства и распределения энергоносителей.

17. Вопросы по теоретическим основам теплотехники в экзаменационных билетах:

Термодинамическая система и окружающая среда. Состояние термодинамической системы, параметры и уравнение состояния. Термодинамические процессы.

Первый закон термодинамики. Работа и теплота – формы обмена энергией.

Второй закон термодинамики. Термодинамические циклы и их изображение в T,S-диаграмме. Понятие эксергии. Потери эксергии в необратимых процессах. Эксергетический КПД.

Циклы газо- и паротурбинных установок.

Циклы холодильных и компрессорных установок.

Процессы дросселирования газов и паров.

Виды теплообмена. Основной закон теплопроводности (закон Фурье). Теплопроводность стенок.

Конвективный теплообмен (закон Ньютона). Особенности конвективного теплообмена при ламинарном и турбулентном течениях.

Сложный теплообмен. Теплопередача, определение коэффициента теплопередачи.

Топливо. Характеристики и элементарный состав топлива. Технические характеристики топлив. Теплота сгорания топлива. Понятие условного топлива.

Коэффициент избытка воздуха. Теоретические и действительные объемы воздуха и продуктов сгорания по газходам котла.

Основные стадии горения газового, жидкого и твердого топлив.

Классификация топок. Типы и конструкции горелочных устройств.

18. Вопросы по машинам, агрегатам, аппаратам и устройствам систем теплоэнергоснабжения промышленных предприятий в экзаменационных билетах:

Котельные установки. Классификация и области использования котлоагрегатов. Материальные балансы котлов.

Перспективные способы сжигания твердого топлива.

Тепловой баланс котла.

Пароводяной и газоздушный тракты барабанного и прямоточного котлов.

Классификация топочных устройств по методу сжигания и характеру организации потоков воздуха и газов в топке.

Основные типы компоновки котлов.

Прямой и обратный тепловой баланс котла. КПД нетто и брутто котла. Определение полного и расчетного расхода топлива. Определение оптимальной температуры уходящих газов.

Влияние солевого содержания пара и котловой воды на технико-экономические показатели теплоэнергетической установки.

Золовой износ конвективных поверхностей нагрева. Очистка поверхностей нагрева от шлакования и золового заноса.

Эксплуатация теплоэнергетических установок.

Теплообменные аппараты. Классификация, схемы, конструкции и принципы их расчета. Теплоносители и их параметры.

Водоподготовка. Требования к питательной воде. Основные способы обработки питательной воды.

Классификация и характеристики паровых турбин. Назначение и области использования теплофикационных установок и их эффективность.

Построение процесса расширения рабочего тела в турбинной ступени в h,s -диаграмме.

Анализ потерь в характерных сечениях турбины.

Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии.

Механизм управления турбоагрегатом. Защиты турбин.

Эксплуатация турбоагрегатов.

Насосы, их классификация, характеристики и области использования. Определение работы, мощности и КПД.

19. Вопросы по источникам и системам теплоэнергоснабжения предприятий в экзаменационных билетах:

Системы теплоснабжения промпредприятий. Их классификация, структура и основные элементы.

Виды тепловых нагрузок и их расчет. Режимы и графики теплотребления. Теплоносители и их параметры.

Тепловые сети: их назначение, конструкции. Гидравлический режим тепловых сетей.

Горячее водоснабжение. Расчетная потребность в теплоте на горячее водоснабжение. Графики потребления.

Отопление промышленных и жилых зданий. Расчет теплотерь и тепловыделений в производственных помещениях. Суточные и годовые графики теплотребления.

Назначение и методы регулирования тепловой нагрузки в системах централизованного теплоснабжения и их сопоставление. Центральное регулирование однородной и разнородной тепловой нагрузки. Графики температур и расхода теплоносителя.

Назначение и рациональные области использования паровых и водогрейных котельных. Выбор количества котлоагрегатов, их типоразмеров и состава вспомогательного оборудования.

Классификация тепловых электростанций. Принципиальные схемы КЭС, ТЭЦ и АЭС.

Технико-экономические показатели ТЭЦ.

Основные схемы отпуска тепла на ТЭЦ. Выбор оптимального значения коэффициента теплофикации.

Методы распределения расхода топлива на ТЭЦ между выработкой электрической и тепловой энергией.

Влияние начальных параметров пара на экономичность ТЭС. Ограничения на повышение начальных параметров.

Выбор основного и вспомогательного оборудования ТЭЦ.

Основные определения показателей надежности теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС.

Обеспечение надежности на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации оборудования ТЭС.

20. Вопросы по охране окружающей среды в экзаменационных билетах:

Влияние современных производств на окружающую среду: характеристика и масштабы взаимодействия различных отраслей промышленности, ТЭС и котельных с окружающей средой.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу (общая характеристика, классификация, основные свойства и характеристики выбросов). Образование и расчет выбросов загрязняющих веществ.

Улавливание твердых веществ из дымовых газов: основы теории золоулавливания; основные характеристики летучей золы; сухие и мокрые методы очистки.

Состав золы и шлака. Выбор золоуловителей в соответствии с характеристикой золы. Степень улавливания газообразных загрязняющих веществ в золоуловителях.

Сухие и мокрые типы золоуловителей: принцип действия, конструкции, технические характеристики и сравнительная оценка.

Методика расчета сухих и мокрых золоуловителей. Учет фракционного состава твердых частиц.

Системы пневмо- и гидрозолоудаления: принцип действия, основные элементы и сравнительная оценка.

Рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере: методика расчета; выбор оптимальной высоты трубы; оценка эффективности мероприятий по защите атмосферы от выбросов предприятий.

Нормирование выбросов (сбросов): нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (ПДК, ПДВ, ВСВ, ПРК); нормирование сбросов (ПДС) в водные объекты; определение зоны влияния и границ санитарно-защитной зоны источников выбросов и предприятий.

Сточные воды предприятий и их очистка: характеристика сточных вод, их состав и методы очистки

Современные подходы к решению экологических проблем. Снижение безвозвратных потерь тепловых электрических станций.

Мало- и безотходные технологии как средства защиты окружающей среды.

21. Вопросы по энергосбережению в теплоэнергетике и теплотехнологиях в экзаменационных билетах:

Актуальность энергосбережения в России и мире: государственная политика в области повышения эффективности использования энергии.

Основы энергоаудита объектов теплоэнергетики.

Энергобалансы предприятий.

Рациональное энергоиспользование в системах производства и распределения энергоносителей.

Энергосбережение при производстве и распределения энергоносителей.

Классификация вторично-энергетических ресурсов (ВЭР), методы и схемы использования тепловых и горючих ВЭР.

Основные типы утилизационных установок. Конструкции котлов-утилизаторов.

Энергосбережение в системах отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, сушильных, выпарных, ректификационных установок.

Энергосбережение и экология.

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

22. Вопросы по промышленным теплообменным и теплоиспользующим установкам в экзаменационных билетах:

Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий.

Классификация, устройство и основы расчета сушильных установок. Построение процесса сушки в h,d -диаграмме влажного воздуха.

Классификация, устройство и основы расчета выпарных аппаратов и установок.

Состав и показатели воздушных компрессорных станций промпредприятий. Выбор типа и количества компрессоров и вспомогательного оборудования.

Компрессоры. Их классификация, принцип работы, показатели, выбор и области использования.

Назначение, структура и классификация систем воздухоснабжения промпредприятий. Методы определения расчетной потребности в сжатом воздухе.

Потребители искусственного холода. Требования к хладоагентам. Расчет потребности предприятия в холоде. Способы производства холода и типы холодильных установок.

Системы водоснабжения промпредприятий (схемы и состав). Качество воды и определение ее потребности на предприятии.

23. При проведении вступительного испытания без использования дистанционных технологий поступающий получает билет для подготовки устного ответа в Институте у секретаря Приемной комиссии.

24. При проведении вступительного испытания с использованием дистанционных технологий билет отправляется поступающему в форме электронного образа (экзаменационный билет на бумажном носителе, преобразованных в электронную форму путем цветного сканирования или фотографирования с обеспечением машиночитаемого распознавания его реквизитов).

25. Поступающий по билету готовит сообщение-ответ с презентацией. Время сообщения-ответа не должно превышать 10 минут.

Требования к оформлению презентации:

- На слайдах должны быть только тезисы, ключевые фразы и графическая информация (рисунки, графики и т.п.)

- Все слайды презентации должны быть выдержаны в одном стиле: шрифт (преимущественно) – Times New Roman; размер заголовков – 24-54 пункта; обычный текст – 16 – 22 пункта; форматирование основного текста – по ширине, заголовков – по центру; для смыслового выделения ключевой информации и заголовков используется курсив, подчеркивание, жирный шрифт и прописные буквы.

- Количество слайдов должно быть не более 8 – 10.

- Титульный лист презентации должен содержать фамилию, имя, отчество поступающего, номер билета и экзаменационные вопросы.

26. Рекомендуемая основная литература для подготовки к вступительным испытаниям по специальности:

1. Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. М.: Изд-во МЭИ, 1999. 166с.

2. Андрющенко А.И. Основы термодинамики циклов теплоэнергетических установок: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1985. 319 с.

3. Богуславский Л.Д. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Справочное пособие. М.: Стройиздат, 1990. 620 с.

4. Водяные тепловые сети. Справочное пособие по проектированию / под ред. Н.К. Громова и Е.П. Щубина. М.: Энергоатомиздат, 1988. 376 с.

5. Жабо В.В. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС: учебник для энерг. и энергостроит. техникумов. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 240 с.

6. Жуковский С.В. Термодинамика / под ред. Гухмана А.А. М.: Энергоатомиздат, 1983. 304 с.

7. Ионин А.А. Надежность систем тепловых сетей. М.: Стройиздат, 1989. 268 с.

8. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейдлин А.Е. Техническая термодинамика: учеб. для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1983. 416 с.

9. Костюк А.Г., Фролов В.В. и др. Турбины тепловых и атомных электрических станций: учеб. для вузов / под ред. А.Г. Костюка. М.: Изд-во МЭИ, 2001. 488 с.

10. Липов Ю.М., Третьяков Ю.М. Котельные установки и парогенераторы. Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005. 592 с.

11. Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. М.: Энергия, 1972. 320 с.
12. Лебедев П.Д., Щукин А.А. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий: учеб. пособие для энергетических вузов и факультетов. М.: Энергия, 1970. 408 с.
13. Либерман Н.Б., Нянковская М.Т. Справочник по проектированию котельных установок систем централизованного теплоснабжения. М.: Энергия, 1979. 224 с.
14. Манюк В.И., Каплинский Я.И. и др. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Справочник. М.: Стройиздат, 1988. 432 с.
15. Повышение экологической безопасности ТЭС: Учеб. пособие для вузов / под ред. А.С. Седловой. М.: Изд-во МЭИ, 2001. 378с.
16. Промышленные теплообменные процессы и установки: учебник для вузов / под ред. А.М. Бакластова. М.: Энергоатомиздат, 1986. 328 с.
17. Промышленная энергетика и теплотехника: Справочник / под ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. М.: Энергоатомиздат, 1983. 552 с.
18. Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1984. 80 с.
19. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1984. 80 с.
20. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства газов: Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1987. 288 с.
21. Рихтер Л.А., Волков Э.П., Покровский В.Н. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов ТЭС: учеб. для вузов. М.: Энергоиздат, 1981. 296 с.
22. Рихтер Л.А., Елизаров Д.П., Лавыгин В.М. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций: учеб. пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1987. 216 с.
23. Рихтер Л. А. Тепловые электрические станции и защита атмосферы. М.: Энергия, 1975. 312 с.
24. Роддатис К.Ф., Полтарейкин А.Н. Справочник по котельным установкам малой производительности. М.: Энергоатомиздат, 1989. 488 с.
25. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: учеб. для вузов / В.Я. Рыжкин. М.: Энергия, 1976. 448 с.
26. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Парогенераторы промышленных предприятий: учеб. для студентов вузов. М.: Энергия, 1978. 336 с.
27. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учеб. для вузов. М.: Изд-во МЭИ, 1999. 471 с.
28. Состав и свойства золы и шлака ТЭС: Справочное пособие / под ред. В.А. Мелентьева. Л.: Энергоатомиздат, 1985. 288 с.
29. Справочник по пыле- и золоулавливанию / под ред. А. А. Русанова. М.: Энергоатомиздат, 1983. 312 с.
30. Справочное пособие теплоэнергетика электрических станций / под ред. Леонкова А.М., Яковлева Б.В. Минск: Беларусь, 1974 . 368 с.

31. Тепловые и атомные электрические станции. Справочник / под ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. М.: Энергоиздат, 1982. 624 с.

32. Трухний А.Д., Ломакин Б.В. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки: учеб. пособие для вузов. М.: Изд-во МЭИ, 2002. 640 с.

33. Хзмалян Д.М., Каган Я.А. Теория горения и топочные устройства. М.: Энергия, 1976. 487 с.

27. Рекомендуемая дополнительная литература для подготовки к вступительным испытаниям по специальности:

1. Бакластов А.М. Проектирование монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок. М.: Энергия, 1970. 567 с.

2. Белевицкий А.М. Проектирование газоочистительных сооружений. Л.: Химия, 1990. 288 с.

3. Виленский Т.В. Расчет систем золоулавливания и шлакозолоудаления. М.-Л.: Энергия, 1964. 196 с.

4. Внуков А.К. Защита атмосферы от выбросов энергообъектов: Справочник. М.: Энергоиздат, 1992. 176 с.

5. Горшков А.С. Техничко-экономические показатели тепловых электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1984. 240 с.

6. Громогласов А.А., Копылов А.С., Пильщиков А.П. Водоподготовка: процессы и аппараты: учеб. пособие для вузов / под ред. О.И. Мартыновой. М.: Энергоатомиздат, 1990. 272 с.

7. Деринг И.С., Михайленко С.А. Котельные установки и парогенераторы. Паровые котлы и котельные установки: учеб. пособие. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2003. 319 с.

8. Елизаров Д.П. Теплоэнергетические установки электростанций. М.: Энергоиздат, 1982. 264 с.

9. Казаринов С.И. Обеспечение экономичности работы паровых котлов ТЭС: учеб. пособие. М.: ВИКПЭнрго, 1989. 39 с.

10. Кондрашова Н.Г., Лашутина Н.Г. Холодильно-компрессорные машины и установки: Учебник. М.: Высш. школа, 1984. 335 с.

11. Мартынова О.И. Водоподготовка. М.: Энергоатомиздат, 1990. 212 с.

12. Несенчук А.П. Огнетехнические установки и топливоснабжение: учеб. пособие для вузов. Минск: Вышэйша школа, 1982. 318 с.

13. Основы практической теории горения: учеб. пособие / под ред. В.В.Померанцева. Л.: Энергия, 1973. 264 с.

14. Равич М.Б. Топливо и эффективность его использования. М.: Наука, 1971. 358 с.

15. Системы производства и распределения энергоносителей промышленных предприятий / под ред. А.А.Несенчука. М.: Высш. школа, 1989. 279 с.

16. СНиП 41-02-2003 (с 01.09.2003 взамен СНиП 2.04-86). Тепловые сети. М.: Госстрой России, 2003. 42 с.

17. СНиП II-35-76 (с изм. 1978, №1 1998). Котельные установки. М.: Госстрой России, 1998. 54 с.

18. СНиП II-58-75 (с изм. 1978, 1979, 1984). Электростанции тепловые. М.: Госстрой СССР, 1985. 26 с.

19. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. М.: Энергоиздат, 1981. 320 с.

20. Сушильные аппараты и установки: Каталог-справочник. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1975. 64 с.

21. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод /под ред. Н.В. Кузнецова. М.: Энергия, 1973. 296 с.

22. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). СПб: НПО ЦКТИ, 1998. 256 с.

23. Шкроб М.С. Водоподготовка: учебник для вузов. – М.: Энергия, 1973. – 416 с.

3. Критерии оценивания

28. Каждый вопрос вступительного испытания по специальности оценивается по пятибалльной шкале.

29. Критерии оценки устного ответа:

Отлично – знания поступающего отличаются глубиной и содержательностью, дается полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы билета, так и на дополнительные:

- поступающий свободно владеет научными понятиями;
- поступающий способен к интеграции знаний по определенной теме, структурированию ответа, к анализу положений существующих теорий, научных школ, направлений по вопросу билета;
- логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную в билете;
- сообщение-ответ не содержит фактических ошибок и характеризуется глубиной, полнотой, уверенностью поступающего;
- ответ иллюстрируется примерами, в том числе из собственной практики; поступающий демонстрирует умение вести диалог и вступать в научную дискуссию.

Хорошо – знания имеют достаточный содержательный уровень, однако отличаются слабой структурированностью; раскрыто содержание билета, имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы:

- в ответе имеют место несущественные фактические ошибки, которые поступающий способен исправить самостоятельно, благодаря наводящему вопросу;
- недостаточно раскрыта проблема по вопросу билета;
- недостаточно логично построено изложение вопроса;
- ответ прозвучал недостаточно уверенно;
- поступающий не смог показать способность к интеграции и адаптации знаний или теории и практики.

Удовлетворительно – знания имеют фрагментарный характер, отличаются поверхностностью и малой содержательностью содержание билета раскрыто слабо, имеются неточности при ответе на основные вопросы билета:

- программные материал в основном излагается, но допущены фактические ошибки;
- ответ носит репродуктивный характер;
- поступающий не может обосновать закономерности и принципы, объяснить факты;
- нарушена логика изложения, отсутствует осмысленность представляемого материала;
- у поступающего отсутствуют представления о межпредметных связях.

Неудовлетворительно – обнаружено незнание или непонимание поступающим сущностной части вопроса:

- допускаются существенные фактические ошибки, которые поступающий не может исправить самостоятельно;
- на большую часть вопроса студент затрудняется дать ответ или не дает верных ответов.