



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ

ПРОГРАММА
вступительных испытаний в магистратуру по направлению подготовки
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Институт морских технологий, энергетики и строительства

Калининград 2024

1. Общая характеристика вступительного испытания по направлению вступительных испытаний в магистратуру по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Вступительные испытания являются формой отбора абитуриентов для поступления в ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет». Целью вступительных испытаний является объективная, экспертная оценка уровня подготовки абитуриентов, поступающих в ФГБОУ ВО «КГТУ» на обучение в магистратуру по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». Вступительные испытания направлены на выявление степени сформированности у абитуриентов профессиональных знаний, необходимых для повышения уровня профессиональной подготовки в магистратуре.

Вступительное испытание по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника» проводятся по программе, соответствующей образовательной программе бакалавриата. Данное вступительное испытание предусмотрено для целого ряда направлений подготовки ФГБОУ ВО «КГТУ». Перечень вступительных испытаний для соответствующих направлений можно уточнить на официальном сайте университета:

2. Основные темы и вопросы

Программа основывается на знаниях следующих базовых дисциплин: «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен», «Водоподготовка», «Котельные установки и парогенераторы», «Тепловые и атомные электростанции».

Раздел: Техническая термодинамика

Предмет и метод технической термодинамики. Энергия внешняя и внутренняя. Работа и теплота. Термодинамическая система. Термодинамические параметры. Термические и калорические параметры. Термическое уравнение состояния. Термодинамические процессы. Процессы обратимые и необратимые. Диаграммы состояния. Внутренняя энергия. Энтальпия. Первый закон термодинамики и его аналитические выражения. Работа изменения объёма, работа проталкивания, располагаемая работа. Графическая интерпретация работы. Рабочая диаграмма. Вычисление теплоты процесса. Теплоёмкость. Истинная и средняя теплоёмкость. Энтропия как функция состояния. Тепловая диаграмма. Определение теплоты в обратимых процессах. Идеальный газ и его свойства. Уравнение состояния идеального газа. Калорические уравнения состояния. Энтропия идеального газа. Отношение теплоёмкостей. Термодинамические процессы для идеального газа. Политропный

процесс. Частные случаи политропного процесса: изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный. Основные свойства чистых веществ. Фазовые переходы. Теплота фазовых переходов. Тройная точка. Понятие о степени сухости и степени влажности пара. Уравнение состояния реальных газов. Водяной пар. Анализ уравнения Ван-дер-Ваальса. Критическая точка. Таблицы термодинамических свойств воды и пара. Диаграммы $p-v$, $T-s$ и $h-s$ для воды и пара. Расчётные уравнения для воды и водяного пара. Термодинамические процессы для воды и водяного пара. Расчёт процессов с помощью таблиц и диаграмм. Второй закон термодинамики. Основные формулировки. Термодинамические схемы теплосиловой и холодильной установок. Термический коэффициент (КПД). Холодильный коэффициент. Прямые и обратные циклы. Прямой обратимый цикл Карно. Обратный обратимый цикл Карно. Теорема Карно. Циклы теплоэнергетических установок. Методы термодинамического анализа обратимых и необратимых циклов. Термический КПД. Понятие об относительном внутреннем КПД цикла, абсолютном внутреннем (внутреннем) КПД цикла и эффективном КПД установки. Циклы ДВС. Теоретический цикл с комбинированным подводом теплоты. Относительные параметры цикла. Термический КПД и его зависимость от относительных параметров. Теоретический цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении. Установки открытого и закрытого цикла. Термический КПД. Теоретический цикл простейшей паросиловой установки. Влияние начальных и конечных параметров цикла на его термический КПД. Влажный воздух. Понятие об абсолютной и относительной влажности. Влагосодержание. $h-d$ диаграмма влажного воздуха.

Раздел: Тепломассообмен

Тепломассообмен. Общая классификация процессов. Механизмы переноса теплоты. Сложные процессы теплообмена. Понятие о температурном поле. Градиент температуры. Тепловой поток. Плотность теплового потока. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Полное математическое описание процесса. Условия однозначности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Уравнение энергии. Уравнения Фурье, Пуассона, Лапласа. Теплопроводность плоской стенки при стационарном режиме. Многослойная стенка. Теплопроводность цилиндрической стенки при стационарном режиме. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки. Конвективный теплообмен. Основные понятия и определения. Теплоотдача. Комплекс факторов, влияющих на интенсивность процесса. Закон Ньютона-Рихмана. Гидродинамический пограничный слой. Тепловой пограничный слой. Основы теории подобия. Моделирование процессов конвективного теплообмена. Числа подобия и их

физический смысл. Теоремы подобия. Уравнение подобия. Теплоотдача при вынужденном движении в трубах. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы при ламинарном течении. Турбулентное течение. Течение в длинных, изогнутых и шероховатых трубах. Теплоотдача при поперечном вынужденном обтекании труб. Омывание коридорных и шахматных пучков труб. Теплоотдача при продольном омывании труб. Теплоотдача при свободном движении в большом объёме и в ограниченном пространстве. Теплообмен при конденсации чистого пара. Капельная и плёночная конденсация на пучках горизонтальных труб. Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей. Кризисы кипения. Теплообмен излучением. Виды лучистых потоков. Основные законы лучистого теплообмена: Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Ламберта. Теплообмен излучением между твёрдыми телами в прозрачной среде. Экранирование. Особенности излучения и поглощения энергии газами и парами. Лучистый теплообмен между газовой средой и оболочкой. Теплопередача через плоскую стенку. Теплопередача через цилиндрическую стенку. Классификация теплообменных аппаратов. Конструкторский и поверочный расчёты. Основные расчётные уравнения: теплопередачи и теплового баланса. Средний температурный напор. Средний коэффициент теплопередачи. Схемы движения теплоносителей. Сравнение прямотока и противотока.

Раздел: Водоподготовка

Примеси природных вод и показатели качества воды. Физико-химические основы механизма образования накипи. Предварительная очистка воды. Известкование и содоизвесткование. Обработка охлаждающей воды на ТЭС. Десорбция газов из воды. Термическая деаэрация воды (типы деаэраторов, область их применения и принцип работы, тепловая схема). Углекислотное равновесие природной воды. Связь между рН воды и концентрацией компонентов карбонатной системы. Карбонатная стабильность воды. Индекс стабильности. Коагуляция коллоидных примесей с использованием коагулянтов и флокулянтов, область её применения. Коагулянты и область их применения. Используемые флокулянты и механизм их действия. Технология обработки воды в осветлителях. Особенности осаждения осадка во взвешенном слое. Схемы приготовления и дозирования реагентов. Электрокоагуляция. Механическое фильтрование воды. Насыпные осветлительные фильтры: типы, конструкции, и особенности эксплуатации. Намывные осветлительные фильтры: конструкция, механизм фильтрования. Технологические схемы умягчения воды (реакции, изменение показателей качества воды, сточные воды, область применения). Обработка воды методами ионного

обмена. Технологические схемы химического обессоливания воды (реакции, изменение показателей качества воды, сточные воды, область применения). Типы используемых ионитов. Ионитные фильтры (типы, схемы регенерации и приготовления регенерирующих растворов, конструкции, стадии работы и особенности эксплуатации). Схемы соединения ионитных фильтров и области их применения. Фильтры смешанного действия (способы регенерации). Особенности эксплуатации и область применения. Основные типы испарительных установок и их сравнительная характеристика (принципиальные схемы, область применения, технические характеристики, преимущества и недостатки). Испарительные установки кипящего типа и мгновенного вскипания.

Раздел: Котельные установки и парогенераторы.

Классификация паровых котлов, устройство и принцип работы. Основные технические характеристики работы современных паровых котлов, параметры энергоблоков. Классификация органического топлива, расчетные массы, теплота сгорания. Основные технологические схемы и конструкции элементов системы топливоподготовки и топливоподачи. Располагаемое тепло. Полезно используемое тепло, расчетный расход топлива. Прямой и обратный тепловой баланс котла. КПД котла брутто, КПД котла нетто, потери тепла в котле. Циркуляция воды в барабанных котлах с естественной циркуляцией. Движущий и полезный напоры, кратность циркуляции. Работа параллельно включенных труб при принудительной циркуляции. Тепловая и гидравлическая разветка. Аэродинамические схемы котлоагрегатов. Газовоздушные сопротивления, их расчет. Расчет деталей и узлов котлоагрегата на прочность. Задачи водного режима котлов. Материальный баланс примесей водного теплоносителя в пароводяном тракте котла. Питательная и котловая вода, требования к качеству воды. Ступенчатое испарение и паропромывка. Непрерывная и периодическая продувки котла. Допустимые пределы рабочих нагрузок котла по условиям горения и надежности охлаждения металла поверхностей нагрева. Эффективность работы котла на частичных нагрузках, изменение температур по тракту котла. Основные причины снижения КПД брутто. Регулирование температуры перегретого пара. Зависимость тепловосприятия рабочей среды от нагрузки для радиационных и конвективных поверхностей нагрева. Растопка и остановка котлоагрегата. В каких случаях производится немедленная (аварийная) остановка котла. Высоко- и низкотемпературная коррозия поверхностей нагрева. Факторы, влияющие на коррозию и способы уменьшения коррозии на котлах.

Раздел: Тепловые и атомные электростанции

Типы ТЭС и АЭС: конденсационные (КЭС), теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), раздельная выработка электроэнергии и теплоты на ТЭС и АЭС. Тепловые схемы КЭС на органическом топливе без промперегрева и с перегревом. Схемы ТЭЦ с паротурбинными и парогазовыми (ПГУ) установками. Тепловые схемы конденсационных атомных электростанций (АЭС) одно-, двух и трехконтурных, и схемы атомных ТЭЦ. Графики электрических и тепловых нагрузок ТЭС и их основные характеристики. Показатели тепловой экономичности КЭС и ТЭЦ. Основное и вспомогательное оборудование ТЭС и АЭС. Показатели тепловой экономичности АЭС. Расходы пара, теплоты и топлива на выработку тепловой и электрической энергии. Влияние начального давления, температуры и конечной влажности на показатели тепловой экономичности. Сопряженные параметры. Применение промежуточного перегрева пара и методика выбора его параметров. Тепловая и общая эффективность промперегрева. Особенности применения промежуточного перегрева на ТЭЦ. Влияние регенеративного подогрева конденсата и питательной воды котлов и парогенераторов на тепловую экономичность установки. Энергетические показатели установок и их определение. Сравнение тепловой экономичности различных типов паротурбинных установок. Отпуск пара промышленным потребителям от отбора турбин и через паропре-образователь. Отпуск тепла на отопление, вентиляцию и бытовые нужды. Схемы подогрева сетевой воды. Графики тепловых нагрузок. Качественное и количественное регулирование общего расхода тепла. Коэффициент теплофикации. Способы присоединения систем горячего водоснабжения к тепловым сетям. Их преимущества и недостатки. Методы расширения электростанций. Принципиальные схемы надстроек и пристроек. Определение тепловой экономичности расширяемых электростанций. Выбор мощности ТЭС и резерва мощности. Выбор котлов, парогенераторов, турбин. Выбор вспомогательного и обще-станционного оборудования ТЭС и АЭС. Потери пара и конденсата на ТЭС, ТЭЦ, одноконтурных и двухконтурных АЭС. Методы восполнения и снижения потерь. Потребление воды на ЭС, система технического водоснабжения. Техничко-экономические показатели и выбор систем водоснабжения. Выбор циркуляционных насосов. Оборудование насосных станций. Типы компоновок ТЭС и АЭС. Компоновка оборудования машинного зала, котельного отделения, бункерного, деаэрационного отделения ТЭС. Выбор площадки ТЭС и АЭС. Требования к генеральному плану ЭС. Техничко-экономические показатели компоновок генплана. Типы энергетических газотурбинных установок (ГТУ). Газотурбинные ТЭС и их показатели тепловой экономичности. Схемы парогазовых установок (ПГУ): с высоконапорным парогенератором; со сбросом газов ГТУ в топку парового котла; с утилизационным паровым котлом; со сбросом газов в газоводонагреватель

(полузависимая ПГУ). Энергетические показатели ПГУ. Затраты энергии на собственные нужды электростанции.

1. Требования к уровню подготовки поступающих

Базовый уровень:

1. Обладает достаточным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект. 2. В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации. 3. В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом.

Повышенный уровень:

1. Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект. 2. В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации. 3. В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма

2. Процедура проведения

Вступительное испытание проводится в форме настольного (бланкового) или электронного тестирования с последующей обработкой результатов с использованием средств автоматизации. Результаты выполнения теста оцениваются по стобалльной шкале. Лица, показавшие результат ниже минимального количества баллов, установленного университетом, необходимого для поступления на обучение по программам магистратуры в текущем году, считаются не прошедшими вступительное испытание.

Вступительное испытание состоит из тестовых заданий. Блок 1 включает вопросы базового уровня. Задания имеют закрытую форму с выбором одного или нескольких вариантов ответа.

Пример: Выберите верные ответы и отметьте **цифры**, под которыми они указаны.

Вопрос 1. К какой группе электротехнических материалов относится: кремний?

1. проводниковые материалы
2. диэлектрические материалы
3. **полупроводниковые материалы**
4. магнитные материалы

Вопрос 2. *Электроустановка, предназначенная для приема, преобразования (трансформации) и распределения электроэнергии, состоящая из трансформаторов (автотрансформаторов) и других преобразователей ЭЭ, распределительных и вспомогательных устройств — ...*

1. Подстанция

2. *Электростанция*

3. *Распределительное устройство*

4. *Линия электропередачи*

Блок 2 состоит из заданий повышенного уровня. В нем использованы задания, требующие расстановки ответов в нужном порядке или задания на установление соответствия.

Пример: *Выбор соответствия определений*

Вопрос 3. *Установите соответствие способов фильтрации воды и объектов ее очистки*

Вид фильтра	Осаждаемые вещества
1. Механические	<i>А) железо, марганец</i>
2. Ионообменные	<i>Б) глина, песок</i>
3. Обратного осмоса	<i>В) органические вещества</i>
4. Биологические	<i>Г) мышьяк, фтор, свинец</i>

Ответ: 1Б; 2А; 3Г;4В.

5. Список рекомендуемой литературы для подготовки к вступительному испытанию

1. Солодов А.П., Сиденков Д.В., Величко В.И. Тепломассообмен: учебник: в 2 т. Т.1 / А.П. Солодов, Д.В. Сиденков, В.И. Величко. - М.: МЭИ, 2021. 484 с.

2. Цветков, Ф. Ф. Тепломассообмен: учеб. / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. - Москва: МЭИ, 2011. - 559 с.

3. Громов С.Л., Долгов Е.К., Орлов К.А. Водоподготовка в энергетике: учебник / С.Л. Громов, Е.К. Долгов, К.А. Орлов. - М.: МЭИ, 2021. 576 с.

4. Липов Ю. М., Котельные установки и парогенераторы: учебник / Ю. М. Липов, Ю. М. Третьяков – М.: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2003. – 592 с.

5. Стерман Л. С., Тепловые и атомные электрические станции: учеб. / Л. С. Стерман ; авт.: Лавыгин, В. М., Тишин, С. Г. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2008. - 464 с.

6. Цанев, С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учеб. пособие / С. В. Цанев; авт.: Буров, В. Д., Ремезов, А. Н. - 3-е изд., стер. - Москва: МЭИ, 2009. - 579 с.

7. Трухний А.Д., Основы современной энергетики: в 2 т.: учеб. / авт. А.Д. Трухний, авт. М. А. Изюмов, авт. О. А. Поваров, авт. Е. В. Аметистов. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва: МЭИ, 2008 - т. 1: Современная теплоэнергетика / А.Д. Трухний, М.А. Изюмов, О.А. Поваров и др. под ред. А.Д. Трухния. - 4-е изд., перераб. и доп. - 470 с.

8. Рогалев Н.Д, Дудолин А.А., Олейникова Е.Н. Тепловые электрические станции: учебник / Н.Д. Рогалев, А.А. Дудолин, Е.Н. Олейникова. - М.: МЭИ, 2022. 768 с.