



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВПО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по УР  
В.К. Ильин

« 30 » мая 2012 г.

## ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА 1 КУРС МАГИСТРАТУРЫ

Направление подготовки

223200.68 – ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

(указывается код и наименование)

Профильная направленность  
магистерской программы

Теплофизика

г. Казань

2012



## «Термодинамика»

Параметры состояния. Равновесные и неравновесные состояния и процессы. Устойчивое и неустойчивое равновесие. Гомогенные и гетерогенные термодинамические системы.

Термодинамическая система и окружающая среда. Термодинамическая поверхность. Идеальный газ. Термические уравнение состояния идеальных газов. Газовые смеси. Закон Дальтона. Массовые, молярные и объемные доли.

Виды энергии. Работа и теплота — формы передачи энергии. Работа расширения. Внутренняя энергия. Энтальпия. Теплоемкость. Виды теплоемкостей. Формула Майера. Теплоемкость газовой смеси.

Первый закон термодинамики, как закон сохранения и превращения энергии. Формулировка первого закона термодинамики. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Первый закон термодинамики для закрытой системы. Первый закон термодинамики для потока. Располагаемая работа.

Обратимые и необратимые процессы. Основные термодинамические процессы: изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный и политропный. Изображение процессов на  $p-V$  диаграмме. Уравнение политропы. Уравнение адиабаты. Показатель политропы. Показатель адиабаты.

Второй закон термодинамики. Формулировка второго закона термодинамики и связь между ними. Термодинамические циклы: прямые и обратные. Цикл Карно и его КПД. Изображение цикла Карно на  $p-V$  диаграмме. Теорема Карно. Энтропия идеального газа. Изменение энтропии в процессах. Изображение на  $T-s$  диаграмме основных процессов. Эксергия.

Дифференциальные уравнения внутренней энергии, энтальпии, энтропии. Дифференциальные соотношения для теплоемкостей.

Реальные газы и идеальный газ. Термодинамические свойства реальных газов. Критические параметры вещества. Фазовые переходы. Фазовая  $p-V$  диаграмма. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ. Определение констант уравнения Ван-дер-Ваальса. Вириальные уравнение состояния реальных газов. Вириальные коэффициенты. Пары. Водяной пар. Парообразование при постоянном давлении. Параметры состояния жидкости и пара. Влажный воздух. Температура точки росы. Абсолютная и относительная влажность. Влажностное содержание. Степень сухости и степень влажности. Тройная точка. Параметры состояния жидкости и пара.  $T-s$  диаграмма пара. Парогазовые смеси. Таблица термодинамических свойств веществ.

Располагаемая работа газа в потоке. Сопло и диффузор. Скорость истечения из сопел и расход газа. Максимальный расход и критическая скорость. Скорость звука. Зависимость скорости и расхода газа через сопло от отношения конечного и начального давления. Сопло Лавала. Расчет скорости истечения водяного пара по изменению энтальпии. Коэффициент скорости. Дросселирование идеального газа. Техническое применение процесса дросселирования. Дифференциальный и интегральный температурный эффекты дросселирования. Температура инверсии. Кривая инверсии.

Методы сравнения термических КПД обратимых циклов. Метод КПД в анализе необратимых циклов. Энтропийный метод расчета потерь



работоспособности в необратимых циклах. Эксергетический анализ циклов. Эксергетический метод расчета потерь работоспособности.

Одноступенчатый компрессор. Индикаторная диаграмма. Работа и мощность на привод компрессора. Работа компрессора с изотермическим, адиабатным и политропным сжатием. Многоступенчатый компрессор. Действительный компрессор. Индикаторная  $p-V$  диаграмма.

Схема, циклы и термический КПД двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Цикл с подводом теплоты при постоянном давлении. Цикл с подводом теплоты при постоянном объеме. Цикл со смешанным подводом теплоты. Степень сжатия. Изображение циклов на  $p-V$  и  $T-s$  диаграммах.

Циклы, схема и термический КПД газотурбинных установок (ГТУ). Цикл газотурбинной установки при постоянном давлении. Цикл газотурбинной установки при постоянном объеме. Идеальный цикл ГТУ с регенерацией. Изображение циклов на  $p-V$  и  $T-s$  диаграммах.

Циклы паротурбинных установок (ПТУ). Цикл Карно для водяного пара. Цикл Ренкина для ПТУ. Цикл с промежуточным перегревом пара. Регенеративный цикл паротурбинной установки. Термический КПД паротурбинных установок. Изображение циклов в  $p-V$  и  $T-s$  диаграммах. Тепловой и энергетический балансы паротурбинной установки.

Схема, цикл и термический КПД бинарной установки. Цикл парогазовой установки. Циклы АЭС.

Циклы и схемы холодильных установок. Холодильный коэффициент холодильных установок. Обратный цикл Карно. Цикл и схема воздушной холодильной установки. Цикл и схема паровой компрессорной холодильной установки. Циклы в  $p-V$  и  $T-s$  диаграммах.

Основы химической термодинамики. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса. Химический потенциал. Уравнение максимальной работы. Изохорно-изотермический и изобарно-изотермический потенциал. Основы термодинамики необратимых процессов.

### «Тепломассообмен»

Цели и содержание учения о теплообмене.

Простые и сложные виды теплопереноса, основные понятия. Температурное поле, изотермы, градиент температуры.

Плотность теплового потока, закон Фурье, коэффициент теплопроводности, его свойства. Механизм теплопроводности. Линии теплового потока.

Дифференциальное уравнение теплопроводности в твердом теле. Частные случаи уравнения. Условия однозначности, их назначение. Граничные условия, их виды.

Уравнение теплопроводности в плоской однородной стенке. Температурное поле в плоской стенке при постоянном коэффициенте теплопроводности и в случае его зависимости от температуры. Основные характеристики. Теплопроводность многослойной стенки, температурное поле в ней.



Теплопередача через многослойную стенку. Граничные условия. Термические сопротивления. Коэффициент теплопередачи.

Теплопроводность однородной цилиндрической стенки. Линейная плотность теплового потока. Случай зависимости коэффициента теплопроводности от температуры.

Теплопередача через цилиндрическую стенку. Линейные термические сопротивления и коэффициент теплопередачи. Многослойные цилиндрические стенки. Критический диаметр изоляции цилиндрической стенки.

Стационарная теплопроводность прямого ребра. Температурное поле и тепловой поток ребра. Температура на конце ребра. Коэффициент эффективности ребра. Теплоотдача ребристой стенки.

Плоская пластина с внутренними источниками теплоты при граничных условиях 1-го и 3-го рода – формулы температурного поля и теплового потока. Цилиндрический стержень с граничными условиями 1-го и 3-го рода.

Охлаждение (нагревание) плоской пластины, картина процесса. Математическая постановка задачи. Метод разделения переменных: вид решения, учет граничного условия теплоотдачи, характеристическое уравнение, число Био, собственные числа и собственные функции. Общее решение в виде ряда. Учет начальных условий. Выражения для коэффициентов ряда. Решение для случая постоянной начальной температуры.

Безразмерная форма записи температурного поля. Анализ температурного поля при малых и больших числах Био: внешняя и внутренняя задачи, промежуточные случаи. Расчет количества отданной теплоты.

Стадии охлаждения (нагревания) произвольных тел. Закон регулярного режима; темп охлаждения (нагревания). Темп охлаждения в случае внешней задачи. Регулярный режим для внутренней задачи.

Численные методы решения. Идея и основные понятия сеточных методов. Вывод одномерного сеточного уравнения теплопроводности методом баланса. Понятие сходимости численного метода. Устойчивость численной схемы. Явные и неявные схемы.

Процессы конвективного теплообмена в теплотехнике и других областях. Теплоотдача, закон Ньютона, коэффициент теплоотдачи. Основные понятия конвективного теплообмена. Теплофизические характеристики жидкостей.

Система уравнений конвективного теплообмена: уравнение энергии, уравнения движения, уравнение сплошности. Математическая постановка задач конвективного теплообмена, условия однозначности, примеры.

Приведение математической постановки конвективного теплообмена к безразмерной форме. Понятие чисел подобия. Основные числа подобия в конвективном теплообмене и их смысл. Уравнения подобия.

Подобные процессы. Условия подобия (теорема Кирпичева-Гухмана). Сходственные точки, константы подобия.

Картина обтекания плоской пластины при различных числах Рейнольдса. Динамический и тепловой пограничные слои. Уравнения Прандтля для ламинарного пограничного слоя на пластине. Тепловой поток и трение на стенке.



Профили скорости и температуры в ламинарном пограничном слое, расчет теплоотдачи пластины. Влияние переменности свойств на теплообмен и его учет в уравнениях подобия.

Турбулентное течение и перенос, осредненное и пульсационное движение. Уравнения турбулентного пограничного слоя. Аналогия Рейнольдса.

Теплоотдача пластины при турбулентном пограничном слое.

Общая картина теплообмена в трубах. Особенности гидродинамики. Ламинарный, переходный и турбулентный режимы. Расчет гидросопротивления. Особенности теплообмена. Понятие температуры смешения. Локальная теплоотдача на ламинарном режиме. Распределение температуры жидкости вдоль трубы при постоянном коэффициенте теплоотдачи.

Среднелогарифмический температурный напор. Уравнения для расчета теплоотдачи в трубе на турбулентном и переходном режиме. Распределение коэффициента теплоотдачи вдоль трубы на ламинарном и турбулентном режимах. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы. Теплоотдача в трубах некруглого сечения и в шероховатых трубах.

Поперечное обтекание одиночной трубы и пучков труб: общая картина, особенности гидродинамики и теплоотдачи. Уравнения подобия для теплоотдачи. Вибрация в пучках труб.

Классификация, конструктивные схемы теплообменных аппаратов (ТА). Тепловой расчет рекуперативных ТА, основные уравнения, средний температурный напор для прямоточной, противоточной и перекрестной схем. Коэффициент теплопередачи.

Проектировочный расчет ТА. Проверочный расчет ТА для прямоточной и противоточной схем, сопоставление их эффективности. Определение температур поверхности теплообмена.

Гидромеханический расчет ТА, виды сопротивлений. Расчет мощности, необходимой для перемещения жидкости.

Оценка эффективности ТА, способы ее повышения.

Общее описание свободной конвекции. Уравнения движения. Числа Грасгофа и Релея.

Свободная конвекция в неограниченном пространстве: основные схемы, особенности гидродинамики и теплообмена, расчет теплоотдачи на ламинарном и турбулентном режимах.

Свободная конвекция в замкнутом объеме жидкости. Основные схемы. Расчет теплообмена методом эквивалентной теплопроводности.

Свойства пузырьков пара в жидкости. Кипение в большом объеме: общая картина и основные особенности. Температурная кривая. Режимы кипения, критические тепловые нагрузки.

Кипение с недогревом. Расчет парообразования и теплообмена при пузырьковом кипении.

Кипение при вынужденном движении жидкости в трубах: картина и особенности процесса, расчет теплоотдачи.

Конденсация пара, ее виды. Картина пленочной конденсации на вертикальной стенке. Режимы течения пленки. Вид расчетных формул, учет в них определяющих



факторов. Характер распределения толщины пленки и коэффициента теплоотдачи вдоль поверхности. Конденсация на горизонтальных трубах. Конденсация движущегося пара на горизонтальных пучках труб. Интенсификация теплообмена в конденсаторах. Влияние примеси газов на конденсацию.

Теплообмен с массообменом. Тепломассообмен при конденсации пара из паровоздушной смеси. Основные понятия и законы. Диффуравнения тепломассообмена. Тройная аналогия, ее использование для расчета массопереноса. Диффузионный погранслои его уравнение. Анализ схемы решения задач совместного тепломассопереноса.

Основные понятия, определения и законы радиационного теплообмена. Радиационный теплообмен между телами, разделенными прозрачной средой: плоские стенки, концентрические цилиндры или сферы, стенки с экранами (картина радиационного теплообмена, расчетные формулы). Теплообмен между произвольно расположенными телами. Угловые коэффициенты, взаимная поверхность излучения.

Радиационный теплообмен в поглощающей и излучающей среде. Излучение и поглощение газов. Спектральная интенсивность излучения. Коэффициент поглощения, закон Бугера. Оптическая толщина газового слоя и режимы излучения. Уравнение переноса лучистой энергии.

## «Гидрогазодинамика»

Вводные сведения; основные физические свойства жидкостей и газов; типы и режимы движения; модели жидкой среды; одномерные потоки жидкостей и газов; общие законы и уравнения статики, кинематики и динамики жидкостей и газов;

Силы, действующие в жидкостях; уравнения движения в напряжениях; абсолютный и относительный покой (равновесие) жидких сред; общая интегральная форма уравнений количества движения и момента количества движения; общее уравнение движения в интегральной и дифференциальной форме; уравнения движения для вязкой жидкости - уравнения Навье-Стокса; плоское (двумерное) движение идеальной (невязкой) жидкости;

Понятие о пограничных слоях; дифференциальные уравнения пограничного слоя; турбулизация потока и отрыв пограничного слоя. Решения для пластины; сопротивление тел, обтекаемых вязкой жидкостью; уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости; сопротивление при течении жидкости в трубах, местные сопротивления; турбулентность и ее основные статистические характеристики; уравнения Рейнольдса;

Скорость звука в упругой среде; безразмерные скорости, газодинамические функции; качественный анализ изоэнтропных потоков; течение газа в соплах; сверхзвуковые течения; волны разрежения и ударные волны (скачки уплотнений) в газах; особенности двухкомпонентных и двухфазных течений; течение жидкости



при фазовом равновесии; тепловой скачок и скачок конденсации; подобие гидромеханических процессов

### Литература

В.А.Кириллин, В.В.Сычев, А.Е.Шейндлин. Техническая термодинамика .5-е изд., М.: МЭИ, 2008. -496 с.

В.Н. Лукашин Двигатели внутреннего сгорания. Книга 1. Теория рабочих процессов. 2-е издание. М.: Высшая школа, 2005. – 182 с.

Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача: Учебник для втузов – М. Высшая школа, 1991.

Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен. Учебник М.: Изд-во МЭИ, 2006. 550 с.

Теплотехника: Учебник для втузов/ А.М. Архаров, И.А. Архаров и др. М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2004. 712 с

Брюханов О.Н. Мелик-Аракелян А.Т. Коробко В.И. Основы гидравлики и теплотехники. Учебник для студ. сред. проф. образования. М.: Издательский центр «Академия», 2008.

Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Дрофа, 2003, 848 с.

Кудинов В.А.. Карташов Э.М. Гидравлика. М.: Высш. шк., 2008, 199 с.

Валуева Е.П., Свиридов В.Г. Введение в механику жидкости. М.: Изд-во МЭИ, 2001.

Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика. Для вузов. М.: Машиностроение, 1987.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры

ТОТ  
название кафедры

от 24 мая 2012 г., протокол № 72.

Зав.кафедрой ТОТ

  
подпись

профессор, д.хим.н. Ф.Г. Халитов  
ученая степень (звание), расшифровка подписи

« 25 » мая 2012 г.

Директор института ИТЭ

  
подпись

профессор, Чичирова Н.Д.  
ученая степень (звание), расшифровка подписи

« 28 » мая 2012 г.