

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ИШЭ
 Матвеев А.С.
« 5 » 02 2019 г.

ПРОГРАММА
Государственного экзамена по направлению
13.03.01 «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА» (БАКАЛАВР)


Обеспечивающее подразделение НОЦ И.Н.Бутакова

Курс – 4
Семестр – 8
Учебный план набора 2015 года

Руководитель НОЦ И.Н. Бу-
такова

 Заворин А.С.

Руководитель ООП

 Антонова А.М.

Предисловие

Программа составлена на основе ФГОС ВО, СУОС ТПУ и ООП ТПУ направления подготовки бакалавров 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Программа утверждена на заседании Ученого совета ИШЭ
« 30 » ____01__ 2019 г. протокол № 7

Программа государственного междисциплинарного экзамена по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» составлена на основе рабочих программ дисциплин: «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен», «Гидрогазодинамика», «Технология централизованного производства электроэнергии», «Автоматизация тепловых процессов».

ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

1. Основные понятия и определения термодинамики

Техническая термодинамика как теоретическая база специальных дисциплин. Предмет и методы термодинамики. Термодинамическая система и окружающая среда. Теплота и работа как форма передачи энергии. Термические параметры состояния. Уравнение состояния. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа. Равновесные и неравновесные процессы. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы (циклы). Общие свойства параметров состояния.

2. Смеси идеальных газов

Парциальные давления и объем. Законы Дальтона. Способы задания состава смеси. Соотношения между долями. Вычисление параметров состояния смеси, определение кажущейся молекулярной массы и газовой постоянной смеси, определение парциальных давлений компонентов.

3. Теплоемкость

Понятие теплоемкости. Средняя и истинная теплоемкости. Массовая, объемная и молярная теплоемкости. Теплоемкость при постоянных объеме и давлении. Теплоемкость в произвольном термодинамическом процессе. Молекулярно – кинетическая теория теплоемкости газов. Элементы квантовой теории теплоемкости. Таблицы и эмпирические формулы для определения теплоемкости. Теплоемкость смеси рабочих тел.

4. Первый закон термодинамики

Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии. Теплота и работа – формы передачи энергии. Принцип эквивалентности. Работа расширения. Внутренняя энергия. Аналитическое выражение первого закона термодинамики через внутреннюю энергию. Техническая (внешняя, располагаемая) работа. Работа перемещения. Энтальпия. Аналитическое выражение первого закона термодинамики через энтальпию. Формулировки первого закона термодинамики. Выражение первого закона термодинамики для процессов с трением.

5. Второй закон термодинамики

Обратимые и необратимые процессы. Формулировки второго закона термодинамики. Термодинамические циклы. Прямые и обратные циклы. Термический коэффициент полезного действия цикла теплового двигателя. Обратимые и необратимые циклы. Цикл Карно и его коэффициент полезного действия. Теорема Карно. Энтропия как функция состояния. Аналитическое выражение второго закона термодинамики для обратимых процессов. Энтропия идеального газа. $T-s$ – диаграмма и ее свойства. Термодинамические циклы в $T-s$ – диаграммах. Термодинамическая шкала температур. Абсолютный нуль температуры. Аналитическое выражение второго закона термодинамики для необратимых процессов. Изменение энтропии замкнутой изолированной системы при необратимых процессах. Эксергия как мера работоспособности. Эксергия тепла и потока вещества. Потери эксергии при необратимых процессах. Энтропийный метод расчета потерь эксергии системы при необратимых процессах.

Статистический смысл второго закона термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность состояния. Пределы применимости второго закона термодинамики.

6. Характеристические функции и дифференциальные уравнения термодинамики

Характеристические функции. Свободная энергия. Термодинамический потенциал. Химический потенциал. Аналитические зависимости между характеристическими функциями. Основные дифференциальные уравнения термодинамики. Термические коэффициенты и связь между ними. Зависимость между C_p и C_v вещества.

7. Термодинамика идеального газа. Термодинамические процессы

Внутренняя энергия, энтальпия и энтропия веществ в идеальном – газовом состоянии. Таблицы термодинамических свойств идеальных газов. $T-s$ - и $h-s$ - диаграммы идеальных газов и их свойства. Основные термодинамические процессы идеальных газов (изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный). Политропные процессы и их анализ. Расчет параметров состояния и энергетических характеристик процессов по таблицам идеальных газов.

8. Термодинамика реального газа. Водяной пар

Термодинамические свойства реальных веществ. $p-v$ - диаграмма при фазовых переходах жидкости и газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Критические параметры веществ.

Принцип соответственных состояний и подобие термодинамических свойств веществ. $T-v-p$ - диаграмма. Коэффициент сжимаемости. Условия равновесия при фазовом переходе. Правило фаз Гиббса. Парообразование и конденсация. Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Теплота фазового перехода. Степень сухости. Плавление. Сублимация. Фазовая диаграмма $p-t$. Тройная точка. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Аномалии воды. Удельный объем, энтальпия и энтропия жидкости, влажного, сухого и перегретого пара. Сверхкритическая область состояний пара. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. $T-s$ - диаграмма для пара. $h-s$ - диаграмма водяного пара. Расчет процессов изменения состояния водяного пара по таблицам и диаграммам.

Уравнения состояния реальных газов.

9. Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров

Уравнение первого закона термодинамики для потока. Уравнение неразрывности потока. Определение количества тепла для потока. Располагаемая работа. Параметры полного адиабатного торможения потока.

Сопло и диффузор. Скорость истечения газа из суживающегося сопла. Максимальный расход и критическая скорость. Критическое отношение давлений и температур. Критическая скорость и скорость звука. Число Маха - Майевского. Зависимость скорости и расхода от отношения начального и конечного давлений. Условия перехода скорости потока через скорость звука. Комбинированное сопло Лавалья. Расчет скорости истечения водяного пара по изменению энтальпии. Истечение с учетом необратимости. Коэффициенты скорости, потеря кинетической энергии и расхода.

Понятие о тепловом сопле. Уравнение процесса дросселирования. Техническое применение процесса дросселирования. Дросселирование идеального газа. Дросселирование водяного пара в $h-S$ - диаграмме. Потеря эксергии потока при дросселировании. Дифференциальное уравнение адиабатного дросселя – эффекта. Температура инверсии. Критическая инверсии.

10. Термодинамика смесей и растворов

Смешение газов и паров. Основные случаи смешения. Смешение потоков газов и паров.

Парогазовые смеси. Влажный воздух. Абсолютная и относительная влажность. Температура точки росы. Влагосодержание. $h-d$ - диаграмма влажного воздуха.

Термодинамические процессы с влажным воздухом (охлаждение и нагрев, смешение, сушка).

11. Процессы в компрессорах

Классификация компрессоров и принцип действия. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатие. Затрата работы на привод компрессора. Многоступенчатый компрессор. Оптимальное распределение давления по ступеням. Расчет мощности привода и отводимого при охлаждении тепла. Работа компрессора в $p-v$ - и $T-S$ - диаграммах. Необратимое сжатие. Относительный внутренний и эксергический КПД компрессора.

12. Газовые циклы

Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Индикаторная диаграмма и цикл двигателя. Циклы с подводом теплоты при постоянном объеме, давлении, цикл со смешанным подводом теплоты и их коэффициенты полезного действия. Сравнение циклов двигателей внутреннего сгорания. Термодинамический анализ коэффициента полезного действия циклов по средним температурам подвода и отвода теплоты. Удельная объемная работа. Удельный расход теплоты и топлива.

Циклы газотурбинных установок (ГТУ). Принципиальная схема и циклы газотурбинных установок с подводом теплоты при постоянных давлении или объеме. Термический коэффициент полезного действия идеального цикла.

Действительный цикл и его коэффициент полезного действия. Методы повышения коэффициента полезного действия циклов газотурбинных установок. Отношение работы компрессора к работе турбины. Повышение начальной температуры газа перед турбиной. Оптимальная степень повышения давления. Регенерация теплоты в цикле. Многоступенчатое сжатие и ступенчатый подвод теплоты в цикле.

Замкнутые схемы газотурбинных установок. Рабочие тела замкнутых схем. Цикл газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном объеме.

13. Циклы паротурбинных установок

Циклы паротурбинной установки в $p-v$ - и $T-s$ - диаграммах. Принципиальная схема паротурбинной установки. Работа турбины и питательного насоса. Термический коэффициент полезного действия цикла паротурбинной установки. Расчет термического коэффициента полезного действия цикла в $h-s$ - диаграмме и по таблицам водяного пара. Методы повышения термического коэффициента полезного действия цикла паротурбинной установки. Влияние начальных и конечных параметров пара на термический коэффициент полезного действия цикла. Применение пара высоких параметров. Действительный цикл с необратимым адиабатным расширением пара. Коэффициент полезного действия паротурбинной установки. Удельные расходы пара, тепла и топлива.

Вторичный перегрев пара. Причины применения вторичного перегрева пара. Цикл со вторичным перегревом пара в $T-s$ - и $h-s$ - диаграммах. Принципиальная схема паротурбинной установки со вторичным перегревом пара. Оптимальная температура начала вторичного перегрева пара. Цикл паротурбинной установки при сверхкритических параметрах пара. Циклы с двумя промежуточными перегревами пара.

Регенеративные циклы. Регенеративный подогрев питательной воды. Идеальный и теоретический регенеративные циклы. Схема регенеративного подогрева с отборами пара. Изображение регенеративных циклов в $T-s$ - и $h-s$ - диаграммах. Термический коэффициент полезного действия регенеративного цикла. Оптимальная температура подогрева питательной воды и максимальный коэффициент полезного действия регенеративного цикла. Прирост коэффициента полезного действия регенеративного цикла в зависимости от числа оборотов.

Комбинированные циклы. Преимущества и недостатки водяного пара как рабочего тела. Бинарный цикл и его коэффициент полезного действия. Принципиальная схема бинарной паротурбинной установки. Комбинированные парогазовые циклы. Термический коэффициент полезного действия парогазовых циклов. Термодинамические циклы атомных электростанций. Термодинамические основы теплофикации.

Эксергический и тепловой балансы паротурбинных установок. Эксергический коэффициент полезного действия.

14. Циклы холодильных установок и термотрансформаторов

Обратный цикл Карно. Холодильный коэффициент. Схема и цикл воздушной холодильной установки. Термодинамические свойства рабочих тел парокомпрессионных холодильных установок. Схема, цикл и холодильный коэффициент парокомпрессионной холодильной установки. Схема и принцип работы абсорбционной холодильной установки.

Цикл теплового насоса – термотрансформатора. Отопительный коэффициент. Термодинамические сравнения эффективности насоса и теплофикации.

15. Элементы химической термодинамики

Первый закон термодинамики и термохимии. Тепловой эффект реакции. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Стандартный тепловой эффект. Второй закон термодинамики в термохимии. Закон действующих масс. Константа равновесия и максимальная работа реакции. Зависимость константы равновесия от давления и температуры. Тепловая теорема Нернста. Абсолютная энтропия. Стандартные значения термодинамических функций веществ.

16. Методы непосредственного преобразования теплоты в электроэнергию

Методы непосредственного преобразования теплоты в электроэнергию. Схема, цикл и коэффициент полезного действия установки с магнитогидродинамическим генератором. Термоэлектрические генераторы и их коэффициент полезного действия. Термодинамические основы преобразования энергии в топливных элементах.

ТЕПЛОМАССОБМЕН

1. Основные понятия и определения теории тепломассообмена

Основные процессы передачи теплоты и массы. Основные понятия и определения. Виды переноса теплоты: теплопроводность, конвекция, излучение. Теплоотдача. Теплопередача. Макроскопический характер учения о теплоте. Современные проблемы тепломассообмена.

2. Инженерные методы расчета видов теплопереноса

Основные понятия и определения теплопроводности. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Механизм передачи теплоты в металлах, диэлектриках, жидкостях и газах. Теплопроводность однослойной и многослойных плоских, цилиндрических и сферических стенок. Основные понятия и определения конвективного теплообмена. Закон Ньютона–Рихмана. Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи. Теплообмен излучением. Понятие о сложном теплообмене.

3. Теория теплопроводности

Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности для процессов теплопроводности. Коэффициент температуропроводности.

Теплопроводность при стационарном режиме без внутренних источников теплоты:

Передача теплоты через однослойную и многослойную плоские стенки при граничных условиях I рода. Распределение температур при переменном и постоянном коэффициенте теплопроводности. Передача теплоты через однослойную и многослойную цилиндрическую стенки при граничных условиях I и III рода. Линейный коэффициент теплопередачи. Критический диаметр изоляции. Передача теплоты через шаровую стенку.

Способы интенсификации процессов теплопередачи. Теплопроводность в стержне (ребре) постоянного поперечного сечения. Теплопередача через плоскую ребристую стенку.

Теплопроводность при стационарном режиме с внутренними источниками теплоты:

Теплопроводность в неограниченной плоской стенке и круглом стержне в случае постоянного коэффициента теплопроводности при наличии внутренних источников теплоты.

Теплопроводность в неограниченной цилиндрической стенке при наличии внутренних источников теплоты и:

- а) отводе теплоты через наружную поверхность;
- б) отводе теплоты через внутреннюю поверхность;
- в) отводе теплоты через наружную и внутреннюю поверхности.

Теплопроводность при нестационарном тепловом режиме

Методы решения задач теплопроводности при нестационарном режиме. Теплопроводность бесконечной пластины, длинного цилиндра при граничных условиях III рода. Анализ решений, частные случаи (термически тонкое тело, построение и использование номограмм для расчета температур при нестационарной теплопроводности). Теорема о теплопроводности тел конечных размеров при нагревание (охлаждение) на примерах параллелепипеда и цилиндра конечной длины.

Определение количества теплоты, отдаваемого или воспринимаемого телом в процессе нестационарной теплопроводности.

Регулярный режим нагревания (охлаждения) тел. Численные методы решения задач теплопроводности. Использование ЭВМ.

4. Конвективный теплообмен

Основы метода подобия и моделирования

Основные положения конвективного теплообмена. Теплоотдача в однофазных жидкостях, при фазовых и химических превращениях, при вынужденной и естественной конвекции. Физические свойства жидкостей и газов, существенные для процессов течения и теплоотдачи.

Особенности теплообмена при ламинарном и турбулентном течениях жидкости. Динамический и тепловой пограничный слой. Основные допущения теории плоского пограничного слоя. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена, условия однозначности.

Основы метода подобия и моделирования. Пи – теорема, приведение уравнений конвективного теплообмена к безразмерному виду. Числа подобия. Общие условия подобия физических процессов, свойства подобных процессов. Сущность моделирования. Обобщение опытных данных и получение эмпирических зависимостей.

Конвективный теплообмен в однофазной среде

Теплоотдача при свободном течении жидкости у вертикальной стенки, вблизи горизонтальных труб и пластин. Анализ задачи о конвективном теплообмене при свободном движении жидкости методом подобия. Расчетные уравнения для теплоотдачи. Теплообмен при свободной конвекции в замкнутых объемах. Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности. Характер вынужденного неизотермического течения и теплообмена на плоской поверхности.

Теплоотдача при ламинарном течении в пограничном слое, метод теоретического расчета; расчетные уравнения, полученные опытным путем.

Теплоотдача при турбулентном течении в пограничном слое. Осреднение уравнений неразрывности, движения и энергии для турбулентных потоков; коэффициенты турбулентного переноса количества движения и теплоты. Метод полуэмпирического расчета, расчетные уравнения, полученные опытным путем.

Конвективный теплообмен при вынужденном течении в трубах. Особенности течения и теплообмена. Начальные участки гидродинамической и тепловой стабилизации. Стабилизированное течение.

Теплоотдача при ламинарном и турбулентном течении жидкости в трубах. Современные методы расчета теплообмена с использованием ЭВМ. Расчетные уравнения, полученные опытным путем.

Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб, расчетные уравнения.

Течения и теплообмен при движении жидкометаллических теплоносителей. Результаты решения уравнений пограничного слоя. Критериальные уравнения.

Теплообмен при фазовых превращениях

Теплообмен при конденсации пара. Пленочная и капельная конденсация. Конденсация пара на вертикальных стенках. Теплоотдача при ламинарном течении пленки. Метод теоретического расчета. Влияние различных факторов на теплоотдачу.

Теплоотдача при смешанном режиме стекания пленки конденсата; метод расчета; расчетные уравнения для теплоотдачи.

Конденсация пара на горизонтальных трубах и пучках труб. Характер обтекания конденсатом пучков труб, изменение теплоотдачи по рядам, влияние скорости пара и других факторов. Расчет теплоотдачи при конденсации пара на горизонтальных пучках труб.

Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей. Механизм переноса теплоты при кипении. Влияние смачиваемости стенки жидкостью, краевой угол. Рост, отрыв и движение пузырей пара. Минимальный радиус центра парообразования; число действующих центров парообразования. Режимы кипения жидкости в большом объеме. Кривая кипения при "паровом" и "электрическом" обогреве.

Первая и вторая критические плотности теплового потока. Зависимость коэффициента теплоотдачи от давления, физических свойств жидкости, состояния поверхности и других факторов при кипении в большом объеме.

Теплообмен при кипении жидкости в трубах; зависимость коэффициента теплоотдачи от скорости циркуляции, плотности теплового потока и других факторов. Расчет теплоотдачи в трубах.

Конвективный тепло- и массообмен

Основные положения теории массообмена. Концентрационная термо- и бародиффузия. Закон Фика. Коэффициент диффузии. Факторы, влияющие на коэффициент диффузии.

Конвективный массообмен как совокупность молярного и молекулярного переноса вещества. Плотность потока массы в процессе конвективного массообмена.

Диффузионный пограничный слой. Система дифференциальных уравнений диффузионного пограничного слоя. Граничные условия на поверхности раздела фаз. Коэффициент массоотдачи. Применение методов подобия и размерностей к процессам массообмена. Диффузионное число Нуссельта, диффузионное число Прандтля. Аналогия процессов тепло- и массообмена.

5. Теплообмен излучением

Основные понятия и законы. Природа теплового излучения. Лучистый поток. Плотность лучистого потока. Интенсивность излучения. Поглощательная, отражательная и пропускательная способность тел. Законы излучения абсолютно черного тела: Стефана –

Больцмана, Планка, Вина. Серое тело. Степень черноты. Закон Кирхгофа для монохроматического и интегрального излучения. Закон Ламберта.

Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой. Виды лучистых потоков, их взаимная связь. Интегральные уравнения излучения. Угловые коэффициенты и взаимные поверхности. Методы определения угловых коэффициентов. Зональный метод расчета теплообмена излучением. Расчет теплообмена излучением в системе двух тел. Особенности теплообмена излучением в поглощающих средах, теплообмена излучением между излучающим газом или паром и теплообменной поверхностью.

6. Теплопередача со сложным теплообменом

Сложный теплообмен как совокупность одновременно протекающих процессов теплопроводности, конвекции и излучения. Теплопередача со сложным теплообменом на границах: расчет теплопотерь трубопроводов, газоходов и т.п., расчет теплопередачи в пучках трубок; расчет сложного теплообмена внутренних поверхностей каналов с движущимся внутри них диатермичным газом при неодинаковых температурах стенок.

7. Теплообменные аппараты

Общие сведения. Назначения теплообменников. Их классификация по принципу действия. Основы теплового и гидравлического расчета теплообменников; конструкторский и поверочный расчет. Уравнение теплового баланса и уравнение теплопередачи.

Средний температурный напор. Определение среднего температурного напора для основных схем движения теплоносителей. Сравнение прямотока и противотока. Определение поверхности теплообмена при переменном коэффициенте теплопередачи. Вычисление конечной температуры теплоносителей. Выражение для полного падения давления в теплообменнике. Затраты напора, обусловленные ускорением потока и преодолением гидростатического давления столба жидкости. Мощность, необходимая для перемещения теплоносителя.

ГИДРОГАЗОДИНАМИКА

Основные понятия и определения. Жидкость и ее свойства. Идеальная и реальная (вязкая) жидкости. Основные способы и виды движения жидкости: неустановившееся, установившееся, пространственное, плоское и одномерное.

1. Пространственное движение жидкости

Деформация элементарной частицы движущейся жидкости и понятие о теореме Гельмгольца-Коши. Потенциальное и вихревое движение жидкости. Потенциал скорости, функция тока. Линии тока и их уравнения.

Дифференциальное уравнение неразрывности потока. Уравнение Лапласа. Граничные условия. Понятие о методах исследования потенциальных течений.

Вихревое движение и его локализация в потоке. Вихревая линия и вихревая трубка. Циркуляция скорости. Теорема Стокса.

2. Динамика вязкой жидкости

Распределение массы в сплошной среде. Силы, действующие в жидкости: объемные (массовые) и поверхностные. Тензор напряжений. Уравнение динамики сплошной среды в напряжениях. Обобщенный закон Ньютона. Уравнение движения вязкой жидкости Навье - Стокса.

3. Основные уравнения и теоремы динамики идеальной жидкости и газа

Модель идеальной жидкости. Уравнение движения идеальной жидкости - уравнение Эйлера. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости (несжимаемой). Уравнение Бернулли для изотермического и адиабатического течения идеального газа. Общая форма

уравнения энергии для установившегося движения сжимаемой жидкости. Скорость распространения звука. Числа Маха и коэффициент скорости. Понятие о газодинамических функциях и о газодинамических таблицах. Переход газового потока через критическую скорость и внешние воздействия. Уравнения обращения воздействия и его анализ.

Уравнения Гюгонио и Вулиса. Сопло Лавалья. Режимы работы сопла Лавалья. Распространение слабых возмущений в идеальном газе. Конус и угол Маха.

Прямой скачок уплотнения. Основные уравнения скачка и уравнение ударной адиабаты. Изменение параметров газа при переходе через скачок.

Косой скачок уплотнения (как прямой, сносимый вдоль фронта). Физические причины образования уплотнения при обтекании характерной формы.

4. Равновесие жидкости и газа

Напряжение в покоящейся жидкости. Уравнение равновесия жидкости и газа. Равновесие несжимаемой жидкости в поле сил тяжести и сжимаемой. Баротропное равновесие газа. Бароклинная атмосфера, формулы Бьеркнеса. Относительное равновесие. Силы давления на плоские и криволинейные стенки.

5. Одномерные течения вязкой несжимаемой жидкости

Основные признаки и свойства одномерных течений. Плавноизменяющееся движение и закон распределения скорости по сечению. Средняя скорость и расход. Обобщение уравнения Бернулли на поток конечных размеров. Геометрическая и энергетическая интерпретация уравнения Бернулли.

Природа потерь энергии (напора). Классификация гидравлических сопротивлений. Структура общих формул для вычисления потерь. Основное уравнение равномерного движения. Коэффициент гидравлического трения, опытные данные.

Ламинарное и турбулентное течения, опыт Рейнольдса. Ламинарное течение в трубах. Формула Пуазейля. Начальный участок ламинарного течения.

Понятие о гидравлической неустойчивости. Элементы теории турбулентности: уравнение Рейнольдса, добавочные напряжения; полуэмпирические теории турбулентного сопротивления. Гладкостенное течение: распределение скоростей и закон сопротивления. Квадратичный закон сопротивления. Начальный участок при турбулентном течении.

Основные типы местных гидравлических сопротивлений и их расчет. Течения в диффузорах и криволинейных каналах. Сопротивление пучка труб.

Основные задачи расчета трубопроводных систем. Аналитические и графические методы расчета. Построение пьезометрических графиков. Истечение несжимаемой жидкости из отверстий и насадков.

6. Основы теории подобия и гидравлические струи

Основы теории гидродинамического подобия. Пограничный слой. Толщина пограничного слоя и толщина вытеснения. Дифференциальные уравнения Прандтля для ламинарного пограничного слоя. Интегральное соотношение (уравнение количества движения) для ламинарного пограничного слоя на пластине с помощью интегрального соотношения.

Переход ламинарного погранслоя в турбулентный. Критическое число Рейнольдса и положение точки перехода на пластине. Пограничный слой на искривленных поверхностях. Влияние продольного градиента давления и отрыв погранслоя. Определение точки отрыва. Методы управления пограничным слоем.

Затопленные струи. Классификация. Струи свободные, полупограничные и пограничные. Основные закономерности распределения свободной ламинарной струи. Струйный погранслой. Условия турбулизации струи. Свободная турбулентная струя. Закон распределения скоростей. Перенос тепла и диффузия примесей. Полупограничные струи. Структура плоской ограниченной струи. Расчет основных параметров. Ограниченные струи. Закрученная струя в сносящем потоке. Особенности турбулентных газов струи.

ТЕХНОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

1. Показатели общей и тепловой экономичности ТЭС

Основные требования, предъявляемые к источникам энергии: экономичность (себестоимость, тариф, расчетные затраты); надежность и методы ее достижения; экологичность.

Показатели тепловой экономичности (ПТЭ) конденсационных тепловых и атомных электростанций: КПД, удельный расход топлива, удельный расход условного топлива.

Особенности определения показателей тепловой экономичности теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Экономия топлива при комбинированном производстве энергии. Коэффициент недовыработки мощности и коэффициент ценности тепла. Разделение расходов тепла и топлива на производство отдельных видов энергии. ПТЭ по выработке электроэнергии и теплоты на ТЭЦ. Теплофикационная и конденсационная электрические мощности ТЭЦ. Удельная выработка электроэнергии на тепловом потреблении.

2. Начальные и конечные параметры рабочего тела, промежуточный перегрев пара

Начальные параметры пара на ТЭС. Влияние начальных параметров на тепловую экономичность: КПД цикла, внутренний относительный КПД, сопряженные параметры. ТЭС со сверхкритическими параметрами.

Промежуточный перегрев пара. Экономичность установки с промежуточным перегревом пара. Оптимальные давление и температура промежуточного перегрева. Двухступенчатый перегрев пара и область его применения. Начальные параметры и промежуточный перегрев пара на ТЭЦ. Паровой промежуточный перегрев.

Начальные параметры пара и материалы оборудования ТЭС. Влияние начальных параметров и промежуточного перегрева на капитальные затраты.

Начальные параметры пара, промежуточный перегрев и сепарация влаги на АЭС.

Конечное давление. Факторы, определяющие выбор конечного давления: расход охлаждающей воды; температура охлаждающей воды; площадь теплопередающей поверхности конденсатора; выхлопная площадь турбины.

3. Регенеративный подогрев питательной воды (РППВ)

Сущность регенеративного подогрева питательной воды - внутростанционная теплофикация. Тепловая экономичность установки с РППВ. Типы регенеративных подогревателей, теплопередача и недогрев. Влияние температуры питательной воды на эффективность РППВ при одно- и многоступенчатом подогреве. Распределение подогрева по ступеням. РППВ в установках с промежуточным перегревом. Схемы включения регенеративных подогревателей.

Регенеративный подогрев питательной воды на ТЭЦ.

4. Отпуск теплоты внешним потребителям

Отпуск технологического пара. Открытая и закрытая схемы отпуски пара. Паропреобразователи.

Отпуск тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Температурный график теплосети. Коэффициент теплофикации. Сетевая подогревательная установка. Расчет сетевой установки.

5. Деаэрационные и питательные установки

Лекции. Термическая деаэрация воды. Типы деаэраторов, используемых на ТЭС. Схемы включения деаэраторов питательной воды. Деаэрация добавочной воды, подпиточной воды теплосети. Бездеаэрационные схемы паротурбинных установок.

Питательные насосы. Мощность, затрачиваемая на привод питательных насосов. Типы привода питательных насосов. Методика выбора привода насоса. Схемы включения турбопривода. Бустерные насосы. Двухподъемная схема включения питательных насосов.

6. Составление и методика расчета принципиальной тепловой схемы паротурбинной электростанции

Содержание принципиальной тепловой схемы (ПТС). Основы составления ПТС. Задачи расчета тепловой схемы.

Методы расчета ПТС: прямая и обратная задачи; энергетический метод и метод коэффициентов ценности тепла; аналитический метод и метод последовательных приближений. Этапы расчета ПТС. Погрешность расчета. Особенности расчета ПТС атомных электростанций.

Расчет тепловых схем методом коэффициентов ценности теплоты. Понятие коэффициентов изменения мощности (КИМ) и коэффициентов ценности теплоты (КЦТ). Определение КИМ и КЦТ. Задачи, решаемые методом КИМ и КЦТ.

7. Газотурбинные и парогазовые электростанции

Влияние начальных параметров на экономичность ГТУ. Методы повышения экономичности ГТУ. Маневренность и мобильность газотурбинных установок.

Установки комбинированного - парогазового цикла: КПД установки; влияние экономичности газотурбинной и паротурбинной частей на интегральный КПД. Соотношение мощностей ПГУ утилизационного цикла. Тепловые схемы парогазовых установок.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

1. Основные понятия и определения.

Понятия автоматического управления, автоматического регулирования. Определение системы автоматического управления, системы автоматического регулирования. Объект управления (регулирования): понятие ОУ (ОР), структурная схема ОУ (ОР), классификация объектов. Алгоритм функционирования системы. Алгоритм управления (регулирования).

2. Фундаментальные принципы управления.

Типовые линейные законы регулирования. Фундаментальные принципы управления (регулирования). Функциональная схема САУ, основные функциональные элементы САУ. Классификация систем автоматического управления.

3. Регулирование тепловой нагрузки.

Регулирование тепловой нагрузки. Свойства котельного агрегата как объекта регулирования тепловой нагрузки. Принципиальные схемы систем регулирования тепловой нагрузки.

4. Регулирование экономичности процесса горения и расхода топлива.

Регулирование экономичности процесса горения. Свойства котельного агрегата как объекта регулирования экономичности процесса горения. Принципиальные схемы систем регулирования.

5. Регулирование температуры перегретого пара.

Регулирование температуры перегретого пара. Методы воздействия на температуру перегретого пара. Свойства котельного агрегата как объекта регулирования температуры перегретого пара. Принципиальные схемы систем регулирования.

6. Регулирование питания барабанных и прямоточных котельного агрегата.

Регулирование питания котельного агрегата водой. Свойства котельного агрегата как объекта регулирования питания. Принципиальные схемы систем регулирования питания.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.С. Техническая термодинамика : учебник для вузов. — М. : Изд. дом МЭИ, 2008. — 495 с.
2. Основы технической термодинамики : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям направления 13.03.01 «Теплоэнергетика» / С. В. Голдаев, Ю. А. Загромов. — Томск : Изд-во ТПУ, 2009. — 223 с.
3. Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок. Учебное пособие для вузов / Александров А.А. 2-е изд., стереот. — М.: Изд. дом МЭИ, 2006. — 158 с.
4. Александров А.А. Расчет термодинамических процессов идеального газа. — М.: Изд-во МЭИ, 2008. — 44 с.
5. Цветков Ф.Ф. Тепломассообмен: Учебное пособие для ВУЗов/ Ф.Ф. Цветков, Б.А. Григорьев — 3-е изд., перераб. — М.: Изд. дом МЭИ, 2006. — 550 с.
6. Цветков Ф.Ф. Задачник по тепломассообмену: Учебное пособие /Ф.Ф. Цветков, Р.В. Керимов, В.И. Величко. — 2-ое изд., испр. и доп. — М.: Изд. дом МЭИ, 2008, — 196 с.
7. Коновалова Л.С., Загромов Ю.А. Теоретические основы теплотехники. Примеры и задачи. Учебное пособие. — Томск: Изд-во ТПУ, 2001. — 116 с.
8. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: Справочник / Под общ. Ред. чл.-корр. А.В. Клименко и проф. В.М. Зорина. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МЭИ, 2001. — 564 с.
9. Лифиц И. М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия: учебник. — М.: Юрайт: Высшее образование, 2010. — 412 с.
10. Стерман, Лев Самойлович. Тепловые и атомные электрические станции: учебник для вузов / Л. С. Стерман, В. М. Лавыгин, С. Г. Тишин. — 4-е изд., перераб. и доп.— Москва: Издательский дом МЭИ, 2008. — 463 с.: ил.— Список литературы: с. 459-460.. — ISBN 978-5-383-00236-0.
11. Тепловые электрические станции: учебник для вузов / В. Д. Буров [и др.]; под ред. В. М. Лавыгина, А. С. Седлова, С. В. Цанева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Изд-во МЭИ, 2007. — 466 с.: ил. — Библиогр.: с. 464-465.. — ISBN 978-5-903072-86-6.
12. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования : справочное пособие / А. С. Ключев [и др.]; под ред. А. С. Ключев. — 3-е изд., стер.. — Москва: Альянс, 2009. — 368 с.: ил.. — Библиогр.: с. 365.. — ISBN 978-5-903034-84-0.
13. Плетнев Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике : учебник для студентов вузов / Г. П. Плетнев. — М.: МЭИ, 2007. — 352 с.
14. Кангин В. В. Промышленные контроллеры в системах автоматизации технологических процессов : учебное пособие / В. В. Кангин. — Старый Оскол: ТНТ, 2012. — 408 с.
15. Острецов, Генрих Эразмович. Методы автоматизации управления движением корабля / Г. Э. Острецов, Л. М. Клячко. — Москва: Физматлит, 2009. — 120 с.: ил.. — Библиогр.: с. 115-119.. — ISBN 978-5-9221-1138-6.
16. Смоленцев, Владислав Павлович. Управление системами и процессами : учебник для вузов / В. П. Смоленцев, В. П. Мельников, А. Г. Схиртладзе; под ред. В. П. Мельникова. — Москва: Академия, 2010. — 336 с.: ил.. — Высшее профессиональное образование. Машиностроение. — Библиогр.: с. 327-328. — Перечень сокращений: с. 8-9.. — ISBN 978-5-7695-5732-3.

Дополнительная:

17. Андрианова Т.М. и др. Сборник задач по технической термодинамике. — М. : Изд-во МЭИ, 2000. — 356 с.
18. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. — М.: Энергоиздат, 1981. — 416 с.

19. Михеев М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – М.: Энергия. – 1973. – 319 с.
20. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача / В.В. Нащокин. – М.: Высшая школа. – 1980. – 559 с.
21. Теория теплообмена / под ред. А.И. Леонтьева. – М.: Высшая школа. – 1985. – 385 с.
22. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена / С.С. Кутателадзе. – Новосибирск: Наука. – 1989. – 416 с.
23. 5. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент : справочник / под ред. В.А. Григорьева. – М.: Энергоиздат. – 1982. – 515 с.
24. Основы современной энергетики: учебник для вузов: в 2 т. / Под общей редакции чл.-корр. РАН Е. В. Аметистова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд. дом МЭИ, 2008,. Том 1.
25. Тепловые и атомные электростанции: справочник / под ред. А. В. Клименко, В. М. Зорина. — 4-е изд., стер.— Москва: Изд-во МЭИ, 2007. — 648 с.: ил. — Теплоэнергетика и теплотехника: справочная серия: в 4 кн.; Кн. 3. — Библиогр.: с. 639. — Предметный указатель: с. 640-644.. — ISBN 978-5-383-00018-2.
26. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов; под ред. С.В. Цанева. — 3-е изд., стереот. — М.: Изд. дом МЭИ, 2009. — 584 с.: ил.
27. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология: Учеб. пособие для вузов. – М.: Логос, 2000. – 408 с.
28. Цанев, Стефан Васильевич. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов; под ред. С. В. Цанева. — 3-е изд., стер.— Москва: Издательский дом МЭИ, 2009. — 579 с.: ил. — Список литературы: с. 571-572. — Предметный указатель: с. 573-575. — ISBN 978-5-383-00340-4.
29. Гиршфельд, Вениамин Яковлевич. Тепловые электрические станции: учебник / В. Я. Гиршфельд, Г. Н. Морозов. — Москва: Энергоатомиздат, 1986. — 224 с.: ил.
30. Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С. Теплотехнические измерения и приборы. – М.: Изд. дом МЭИ, 2007. – 460 с.
31. Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С. Сборник задач и вопросов по теплотехническим измерениям и приборам. 2-ое издание. – М.: ЭАИ, 1985. – 328 с.
32. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства газов. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 287 с.
33. Александров А.А., Григорьев. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. – М.: Изд-во МЭИ, 2009. – 162 с.
34. Плетнев Г.П. Автоматизированное управление объектами тепловых электростанций: Учебное пособие для ВУЗов.- М.: Энергоиздат, 1981.- 368 с.
35. Плетников С.Д., Силуянов Б.Д. Автоматизация технологических процессов тепловых электростанций//Под ред. А.С. Ключева.- М.: Фирма «Испо-Сервис», 2001.- 156 с. ил.

ФОРМА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ 13.03.01 «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА» И ОЦЕНИВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКЗАМЕНА

Экзамен проводится в стандартизированной форме в виде ответов на тестовые задания открытого и закрытого видов по модулям «Техническая термодинамика», «Тепло-массообмен», «Гидрогазодинамика», «Тепловые и атомные электрические станции», «Автоматизация тепловых процессов».

Максимальная оценка за экзамен 100 баллов.

Выполнение тестовых заданий оценивается (максимально):

1. По модулям «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен», «Гидрогазодинамика», «Технология централизованного производства электроэнергии» 22 – 24 балла.
2. По модулю «Автоматизация тепловых процессов» – 10 баллов.

ВОПРОСЫ К ГОСУДАРСТВЕННОМУ ЭКЗАМЕНУ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ 13.03.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

1. Выберите соотношение, определяющее уравнение состояния идеального газа.
2. Укажите правильную запись уравнения состояния для 1 кг газа.
3. Укажите соотношение, определяющее значение i -ой массовой доли g_i согласно объемным долям r_i .
4. Укажите правильную запись уравнения состояния для 1 киломоля газа.
5. Укажите соотношение, которое предназначено для определения значения кажущейся молекулярной массы смеси.
6. Укажите определение механической смеси.
7. Укажите на правильное продолжение закона Дальтона для идеальных газов.
8. Абсолютное давление смеси определяется...
9. Укажите выражение для определения парциального давления компонента в равновесной системе.
10. Адиабатной системой называется такая система, которая не обменивается с окружающей средой.
11. Равновесная система характеризуется тем, что внутри нее...
12. Укажите соотношение для истинной теплоемкости.
13. Укажите соотношение для средней теплоемкости.
14. Укажите соотношение, которое определяет удельную теплоемкость $c^=...$
15. Укажите величину части мольной изохорной теплопроводности идеального газа, соответствующей, согласно теории Больцмана, одной степени свободы.
16. Укажите соотношение, которое позволит определить среднюю теплоемкость для интервала температур по табличным значениям средних теплоемкостей на границах этого интервала $c_{m1}^2 = ...$
17. Укажите полную и правильную размерность термического эквивалента работы.
18. Укажите полно и правильно, что тепло, воспринятое термодинамической системой в произвольном термодинамическом процессе в общем случае может пойти на...
19. Укажите, какая из функций является термодинамическим параметром, а ее дифференциал не является полным.
20. Укажите уравнение, соответствующее уравнению первого закона термодинамики для изохорного процесса.
21. В отдельной изолированной системе самопроизвольно происходят изменения...
22. Прямым циклом называется цикл...
23. Укажите на уравнение, справедливое для любых циклов тепловых двигателей.
24. *Perpetuum mobile* второго рода это машина ...
25. Укажите правильное соотношение между $dl_{тр}$ и $dq_{тр}$.
26. Прямым циклом называется цикл...
27. Укажите соотношение для определения эксергии теплоты.
28. Укажите соотношение для определения эксергии потока рабочего тела.
29. Укажите правильное соотношение для интеграла Клаузевиуса для необратимых циклов.
30. Укажите соотношения, необходимые для существования термодинамического равновесия.
31. Укажите правильное соотношение для определения удельной изобарной теплоемкости идеального газа.
32. Укажите правильное соотношение для определения удельной изохорной теплоемкости идеального газа.
33. Укажите, какое из соотношений определяет теплоту изотермического процесса идеального газа.
34. Укажите, какой термодинамический процесс называется изохорным процессом.
35. Укажите соотношение параметров для изохорного процесса.
36. Укажите соотношение параметров для изобарного процесса.
37. Укажите, как изменится температура в изобарном процессе расширения.
38. Укажите, чему равна теплоемкость изотермического процесса.
39. Укажите, чему равна теплоемкость политропного процесса.
40. Выберите соотношение, определяющее уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса.
41. Укажите соотношение, при котором решение уравнения Ван-дер-Ваальса имеет три одинаковых действительных корня.
42. Область, расположенная левее нижней пограничной кривой и ниже критической изотермы соответствует...
43. Укажите соотношение, которому отвечает температура сухого насыщенного пара.
44. Укажите . определение сухого насыщенного пара.
45. Укажите правильное соотношение температуры сухого насыщенного пара и температуры влажного насыщенного пара при одном и том же давлении.
46. Укажите продолжение предложения: «процесс парообразования всегда происходит при постоянном давлении и...».

47. Укажите, как изменяется температура насыщения (кипения) с увеличением давления.
48. Укажите, какое из приведенных уравнений определяет степень сухости влажного пара по величинам входящих в него сухого насыщенного пара (индекс «снп») и кипящей воды («кв»).
49. Укажите, какое из приведенных соотношений определяет удельный объем влажного пара $v_{\text{вп}}$ ($v_{\text{снп}}$ - удельный объем сухого насыщенного пара, а $v_{\text{кв}}$ - удельный объем кипящей воды).
50. Укажите, чем характеризуется стационарный поток.
51. Укажите, какое из представленных уравнений является уравнением неразрывности.
52. Укажите, какое из представленных уравнений является уравнением первого закона термодинамики для адиабатного случая течения газов и паров без трения по горизонтальным каналам малой протяженности.
53. Укажите, какое из представленных выражений является выражением располагаемой работы при течении несжимаемой жидкости.
54. Укажите, какое из представленных выражений является выражением располагаемой работы при течении сжимаемой жидкости.
55. Укажите, по какому из представленных выражений можно подсчитать скорость истечения w и для идеального газа, и для пара.
56. Укажите, по какому из представленных выражений можно подсчитать секундный расход m для идеального газа.
57. Укажите, какие соотношения характеризуют дросселирование при $\alpha_h > 0$.
58. Укажите, какие соотношения характеризуют дросселирование при $\alpha_h < 0$.
59. Укажите, как изменяется степень сухости паров при дросселировании.
60. Укажите, каким из приведенных соотношений определяется абсолютную влажность воздуха.
61. Укажите, каким из приведенных соотношений определяется относительная влажность воздуха:
62. Укажите, каким из приведенных соотношений определяется влагосодержание воздуха в СИ.
63. Укажите, каким из приведенных соотношений определяется давление паров влажного воздуха.
64. Укажите, каким из приведенных соотношений определяется энтальпию паров влажного воздуха.
65. Укажите, каким из приведенных соотношений определяется теплота процессов сушки во влажном воздухе.
66. Укажите, какой из процессов сжатия требует приложения минимальной работы.
67. Укажите, какой из процессов сжатия требует приложения максимальной работы.
68. Укажите, каким соотношением характеризуется распределение степени повышения давления по ступеням для минимальной работы, приложенной в компрессоре.
69. Укажите, каким соотношением определяется реальная работа компрессора (l_p) согласно КПД (η_k) и теоретической работе процессов сжатия l_k .
70. Укажите, какой цикл, изображенный в виде Ts – диаграммы, соответствует карбюраторным двигателям (цикл Отто).
71. Укажите, какой цикл, изображенный в виде pV – диаграммы, соответствует карбюраторным двигателям (цикл Отто).
72. Укажите, какой цикл, изображенный в виде Ts – диаграммы, соответствует дизельным двигателям (цикл Дизеля).
73. Укажите, какой цикл, изображенный в виде pV – диаграммы, соответствует дизельным двигателям (цикл Дизеля).
74. Укажите, какая схема соответствует конструкции газотурбинной установки с подводом тепла при постоянном объеме.
75. Укажите, какая схема соответствует конструкции газотурбинной установки с подводом тепла при постоянном давлении (цикл Брайтона).
76. Укажите, какой цикл, изображенный в виде pV – диаграммы, соответствует газотурбинным двигателям, работающим по циклу Брайтона.
77. Укажите, какой цикл, изображенный в виде pV – диаграммы, соответствует газотурбинным двигателям, работающим по циклу с подводом тепла при постоянном объеме.
78. Укажите, какой цикл, изображенный в виде pV – диаграммы, соответствует двигателям, представленным.
79. Укажите, что термический КПД цикла Ренкина равен
80. Укажите, что с увеличением p_1 (давления парообразования) термический КПД цикла Ренкина...
81. Укажите, что с увеличением p_2 (противодавления на выпуске пара из турбины) термический КПД цикла Ренкина...
82. Укажите основное преимущество парового цикла с промежуточным перегревом пара.
83. Укажите для Цикла Ренкина, изображенного на pV диаграмме, выражение для работы цикла с учетом работы насоса, для отведенной в конденсаторе теплоты, выражение для КПД цикла с учетом работы насоса.

84. Укажите для паросиловой установки, изображенной на схеме, выражение для работы цикла с учетом работы насоса, для отведенной в конденсаторе теплоты, выражение для КПД цикла с учетом работы насоса.
85. Укажите, схема какой холодильной установки представлена на рисунке.
86. Укажите для холодильной установки, схематично представленной на рисунке, соотношение по определению работы, затраченной на ее функционирование с учетом компенсационной роли детандера.
87. Укажите для холодильной установки, схематично представленной на рисунке, соотношение по определению холодильного коэффициента ϵ_x .
88. Укажите для холодильной установки, схематично представленной на рисунке, соотношение по определению удельной хладопроизводительности.
89. Укажите для холодильной установки, цикл которой представлен на Ts диаграмме, соотношение по определению работы, затраченной на ее функционирование с учетом компенсационной роли детандера.
90. Укажите для холодильной установки, цикл которой представлен на Ts диаграмме, соотношение по определению холодильного коэффициента ϵ_x .
91. Установите соответствие между видом температурного поля и его математическим выражением.
92. Температурный градиент и его математическое выражение.
93. Каково направление градиента температуры?
94. Установите соответствие между способом переноса теплоты и явлением.
95. Установите соответствие между видом теплообмена и законом.
96. Установите соответствие между законом теплообмена и его математическим описанием.
97. Закончите выражение «Теплопроводностью называют процесс...».
98. Укажите правильную запись основного закона теплопроводности (закона Фурье).
99. Мощность теплового потока через стенку равна...
100. Закончите выражение «Коэффициент пропорциональности λ в уравнении Фурье ...».
101. Единицей измерения коэффициента теплопроводности материалов является ...
102. Какое из приведенных веществ имеет наибольшее значение коэффициента теплопроводности?
103. Коэффициент теплопроводности λ для газов.
104. Коэффициент теплопроводности λ металлов.
105. Установите соответствие между видом материала и коэффициентом теплопроводности.
106. Теплоизоляционными считаются те материалы, коэффициент теплопроводности которых ...
107. В металлах передача теплоты осуществляется за счет ...
108. Каким выражением описывается плотность теплового потока через плоскую однослойную стенку толщиной δ ?
109. Какой зависимостью в функции координаты x записывается температурное поле плоской однослойной стенки при отсутствии в стенке источников тепла?
110. Как Вы считаете, градиент температуры в плоской однослойной стенке при отсутствии в стенке источников тепла зависит от пространственной координаты?
111. Термическое сопротивление однослойной плоской стенки толщиной δ определяется выражением ...
112. Каким выражением определяется полное термическое сопротивление теплопроводности плоской многослойной стенки?
113. Уравнение, описывающее изменение температуры по толщине однослойной плоской стенки ...
114. Удельный тепловой поток через многослойную плоскую стенку.
115. Термическое сопротивление многослойной плоской стенки определяется по формуле ...
116. Полный тепловой поток через однослойную цилиндрическую стенку ...
117. Каким выражением определяется линейное термическое сопротивление теплопроводности цилиндрической стенки с наружным диаметром и внутренним?
118. Как зависит линейная плотность теплового потока через цилиндрическую стенку от отношения диаметров?
119. Уравнение, описывающее изменение температуры по толщине однослойной цилиндрической стенки.
120. Удельный тепловой поток через многослойную цилиндрическую стенку.
121. К каким граничным условиям относится запись $q(x, y)|_S = q_S$; $x, y \in S$?
122. Какое из приведенных ниже выражений является обобщенной записью дифференциального уравнения теплопроводности в декартовой системе координат?
123. Какое из приведенных ниже уравнений является записью стационарного дифференциального уравнения теплопроводности при отсутствии внутренних источников теплоты?
124. Дифференциальное уравнение теплопроводности для плоской пластины при наличии источников теплоты имеет вид ...
125. Достаточно ли одного только дифференциального уравнения теплопроводности, чтобы найти температурное поле тела?
126. Какими условиями необходимо дополнить дифференциальное уравнение теплопроводности, чтобы получить единственное решение, соответствующее конкретной задаче (конкретному процессу)?

127. Что понимается под условиями однозначности при решении дифференциального уравнения теплопроводности?
128. Что понимается под начальными условиями?
129. Что понимается под граничными условиями I, II и III рода?
130. Установите соответствие между родом граничных условий теплопроводности и математическим описанием.
131. Установите соответствие между родом граничных условий теплопроводности и их характеристикой.
132. Что даст первое интегрирование уравнения теплопроводности при отыскании функции, описывающей распределение температуры по толщине однослойной плоской стенки?
133. Какая зависимость между постоянной интегрирования C_1 и температурами поверхностей однослойной плоской стенки?
134. Уравнение, описывающее распределение температуры по толщине однослойной плоской стенки при известных значениях постоянных интегрирования C_1 и C_2 ...
135. Какое из приведенных выражений является уравнением Ньютона-Рихмана?
136. Конвективный теплообмен – это сложный вид теплообмена, при котором совместно протекают процессы...
137. В уравнении теплоотдачи Ньютона-Рихмана температурный напор – это разность температур ...
138. Коэффициент теплоотдачи – это ...
139. Какую размерность имеет коэффициент теплоотдачи?
140. В общем случае значение коэффициента теплоотдачи зависит от следующих факторов ...
141. Тонкий слой жидкости вблизи поверхности тела, в котором происходит изменение скорости жидкости от значения скорости невозмущенного потока вдали от стенки до нуля непосредственно на стенке, называется...
142. Теория подобия применяется для описания процесса ...
143. Укажите уравнение подобия для теплоотдачи к жидкости при вынужденной конвекции.
144. Чему равно минимальное значение критерия Рейнольдса, при котором однозначно наступает турбулентный режим при течении жидкости в каналах?
145. Каким способом передается теплота в ламинарном пограничном слое?
146. В каком из режимов кипения в большом объеме наблюдается максимальный отвод теплоты от нагретой поверхности?
147. В качестве теплоносителей в процессах тепломассообмена используются следующие вещества ...
148. Каким способом передается теплота в ламинарном пограничном слое?
149. Как называют теплообмен между жидкими телами, разделенными стенкой?
150. О режиме течения жидкости в трубах судят по...
151. Коэффициент теплоотдачи рассчитывается из выражения для определения критерия ...
152. Теория подобия применяется для описания процесса ...
153. Как изменится коэффициент теплоотдачи при вынужденном движении жидкости в канале при увеличении ее скорости?
154. По какому выражению определяется линейное термическое сопротивление теплоотдачи на поверхности цилиндрической стенки диаметром d ?
155. Какие режимы движения жидкости Вы знаете?
156. Как называется режим движения жидкости, когда слои жидкости движутся параллельно друг другу, обтекающая поверхность теплообмена без перемешивания?
157. Как называется режим движения жидкости, когда частицы жидкости интенсивно перемешиваются друг с другом, образуя вихри различных размеров?
158. Переходный режим – это ...
159. Что понимается под гидродинамическим пограничным слоем?
160. Что понимается под тепловым пограничным слоем?
161. При увеличении толщины пограничного слоя коэффициент теплоотдачи ...
162. Укажите выражение, соответствующее поверхностному термическому сопротивлению теплоотдачи.
163. Как зависит тепловой поток при теплоотдаче от коэффициента теплоотдачи?
164. Как связаны линейная плотность теплового потока при теплоотдаче с температурным напором Δt_α и линейным термическим сопротивлением теплоотдачи $R_{\ell, \alpha}$?
165. Укажите размерность коэффициента теплоотдачи.
166. Укажите размерность линейного термического сопротивления теплоотдачи.
167. Укажите размерность поверхностного термического сопротивления теплоотдачи.
168. Как связано линейное термическое сопротивление теплоотдачи с коэффициентом теплоотдачи и диаметром поверхности?
169. Какое из приведенных уравнений является дифференциальным уравнением теплоотдачи?
170. Для какого процесса записано уравнение теплового баланса: $Q = G \cdot r = \alpha \cdot (t_s - t_c) \cdot F$?

171. Для какого процесса записано уравнение теплового баланса: $Q = G \cdot r = \alpha \cdot (t_c - t_s) \cdot F$?
172. Как зависит поверхностная плотность теплового потока от коэффициента теплопроводности жидкости?
173. Какие условия подобия должны выполняться, чтобы модель была полностью подобна образцу?
174. Что характеризует критерий (число) Рейнольдса?
175. Что характеризует критерий (число) Прандтля?
176. Что характеризует критерий (число) Нуссельта?
177. Что характеризует критерий (число) Грасгофа?
178. Критерий конвективного переноса теплоты (число Стентона) характеризует ...
179. От каких параметров зависит значение числа Рейнольдса?
180. При $Re < 2300$ режим движения жидкости ...
181. Установите соответствие между режимом течения и значением критерия Рейнольдса ...
182. Критерий подобия Грасгофа характеризует ...
183. Укажите критерий подобия Грасгофа ...
184. Установите соответствие между названием критерия подобия и его математическим выражением.
185. Установите соответствие между критерием и характеризующими свойствами.
186. Укажите общий вид критериального уравнения для расчета конвективной теплоотдачи (C – константа).
187. Укажите общий вид зависимости для расчета теплоотдачи при естественной конвекции в неограниченном объеме.
188. Какой механизм теплопереноса превалирует при ламинарном режиме движения жидкости в канале?
189. От каких критериев подобия зависит интенсивность теплоотдачи при вязкостно-гравитационном режиме (ламинарное движение жидкости)?
190. От каких критериев подобия зависит интенсивность теплоотдачи при вязкостном режиме (ламинарное движение жидкости)?
191. От каких критериев подобия зависит интенсивность теплоотдачи при развитом турбулентном режиме движения жидкости в канале?
192. Какая из приведенных ниже формул для расчета теплоотдачи при развитом турбулентном режиме движения жидкости в длинной трубе является правильной?
193. Как зависит интенсивность теплоотдачи при турбулентном режиме от числа Рейнольдса?
194. Как влияет скорость потока жидкости в канале (трубе) на коэффициент теплоотдачи при турбулентном режиме движения?
195. Для какого режима кипения интенсивность теплоотдачи будет больше?
196. Укажите последовательность смены режимов кипения для случая, когда регулируемой величиной является $\Delta t = t_c - t_{жс}$ (Δt возрастает).
197. Что понимается под первой критической плотностью теплового потока $q_{кр1}$?
198. Что понимается под второй критической плотностью теплового потока $q_{кр2}$?
199. Как меняется при пузырьковом кипении в большом объеме коэффициент теплоотдачи с ростом теплового потока q ?
200. Коэффициент теплоотдачи при пузырьковом кипении в большом объеме пропорционален тепловому потоку в степени ...
201. Что понимается под кризисом теплообмена I рода?
202. От каких факторов зависит величина критической плотности теплового потока при кипении теплоносителя в трубах и каналах?
203. Может ли происходить конденсация на поверхности, если ее температура равна или выше температуры насыщения при данном давлении?
204. Какие виды конденсации на поверхности Вы знаете?
205. При каком виде конденсации – пленочной или капельной – теплоотдача идет более интенсивно?
206. Какой вид конденсации будет иметь место на не смачиваемой жидкостью поверхности?
207. Как изменяется интенсивность теплоотдачи при конденсации на вертикальной стенке от толщины пленки стекающего конденсата?
208. Какие из перечисленных факторов оказывают влияние на теплоотдачу при конденсации на поверхности?
209. Как влияет наличие неконденсирующихся газов в паре на интенсивность теплоотдачи?
210. Критериальное уравнение конвективного теплообмена при турбулентном вынужденном движении внутреннего теплоносителя
211. Критериальное уравнение конвективного теплообмена при ламинарном вынужденном движении внутреннего теплоносителя ...
212. Для нестационарных процессов конвективного теплообмена критериальное уравнение может быть представлено в виде ...

213. В критериальном уравнении конвективного теплообмена комплекс $\left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{ст}}\right)^{0,25}$ учитывает ...
214. При ламинарном течении жидкости в трубах коэффициент теплоотдачи изменяется по длине канала при условии ...
215. В критериальном уравнении конвективного теплообмена для турбулентного течения жидкости в трубах, в отличие от ламинарного течения, отсутствует ...
216. Если коэффициент теплоотдачи третьего ряда коридорного пучка труб принять за 100%, то коэффициент теплоотдачи второго ряда этого пучка составит ...
217. При кипении жидкости на поверхности твердого тела наиболее интенсивный рост значений коэффициента теплоотдачи наблюдается в области ...
218. При пленочной конденсации пара в случае ламинарного течения пленки конденсата теплообмен осуществляется путем ...
219. На поверхности какой трубы – вертикальной или горизонтальной – теплоотдача при конденсации идет более интенсивно?
220. Установите соответствие между видом теплоотдачи и определяющим размером.
221. Если в дифференциальном уравнении энергии, устанавливающем связь между пространственным и временным изменением температуры в любой точке движущейся жидкости, проекции вектора скорости $w_x = w_y = w_z = 0$, то уравнение энергии превращается ...
222. Что такое теплопередача?
223. Для вывода уравнения теплопередачи исходными являются следующие уравнения ...
224. Каким выражением определяется мощность теплового потока в процессе теплопередачи?
225. Каким выражением определяется коэффициент теплопередачи через плоскую однослойную стенку толщиной δ ?
226. Каким выражением определяется полное термическое сопротивление теплопередачи через плоскую однослойную стенку толщиной δ ?
227. Линейный коэффициент теплопередачи – это ...
228. Коэффициент теплопередачи через однослойную плоскую стенку определяется по формуле ...
229. Как зависит линейное термическое сопротивление теплопередачи через цилиндрическую стенку от наружного d_2 и внутреннего d_1 диаметров стенки?
230. Какой из формул определяется линейная плотность теплового потока q_ℓ при теплопередаче через цилиндрическую стенку наружным диаметром d_2 и внутренним d_1 ?
231. Может ли рассчитываться теплопередача через цилиндрическую стенку по формулам для плоской стенки?
232. За счет чего можно увеличить коэффициент теплопередачи для плоской стенки или тонкой цилиндрической стенки?
233. Установите соответствие между видом теплообмена и формулой термического сопротивления
234. Критический диаметр изоляции трубопровода зависит от следующих параметров ...
235. Для эффективной работы тепловой изоляции необходимо, чтобы критический диаметр ...
236. Теплообменным называется аппарат, в котором ...
237. Теплообменные аппараты, служащие для передачи теплоты от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку, называются ...
238. Теплообменный аппарат, в котором горячий теплоноситель отдает свою теплоту аккумулирующему устройству, которое в свою очередь периодически отдает теплоту холодному теплоносителю, называется ...
239. Уравнение для расчета рекуперативных теплообменных аппаратов имеет вид ...
240. Размерность коэффициента теплопередачи при расчете теплообменного аппарата ...
241. Какие теплообменные аппараты называют поверхностными?
242. Теплообменные аппараты, в которых одна и та же поверхность попеременно омывается то одним, то другим теплоносителем относятся к ...
243. В каком случае при прочих равных условиях количество тепла, передаваемое от горячего теплоносителя к холодному будет наибольшим?
244. Какой характер имеет теплообмен в теплообменных аппаратах?
245. Коэффициентом обребрения трубы называется отношение ...
246. Для интенсификации процесса теплопередачи осуществляют следующие мероприятия ...
247. Какие уравнения лежат в основе теплообменных аппаратов?
248. Под водяным эквивалентом понимают произведение ...
249. Если в теплообменном аппарате два теплоносителя текут параллельно друг другу во взаимно противоположных направлениях, то такая схема движения называется ...
250. Больше изменение температуры по поверхности теплообмена получается для той жидкости, у которой:

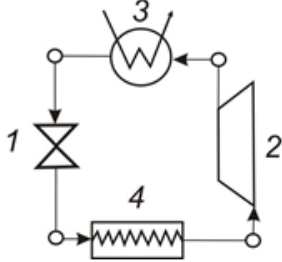
251. Среднеарифметический температурный напор может быть определен по формуле ...
252. При расчете среднего температурного напора для аппарата со сложной схемой движения теплоносителей поправочный коэффициент умножают на среднеарифметический температурный напор, определенный как для ...
253. Рекуперативным называется теплообменник, в котором происходит передача теплоты от одного теплоносителя к другому ...
254. Какая из величин является искомой при конструктивных расчетах теплообменных аппаратов?
255. Задачей конструкторского теплового расчета теплообменных аппаратов является ...
256. Целью поверочного теплового расчета теплообменных аппаратов является определение ...
257. В рекуперативных теплообменных аппаратах при прочих равных условиях средний логарифмический температурный напор больше в том случае, когда теплоносители движутся по схеме ...
258. Если в теплообменнике температура одного из теплоносителей постоянна, какая схема движения теплоносителей предпочтительна?
259. При какой схеме движения теплоносителей требуется меньшая площадь поверхности теплообмена в теплообменных аппаратах?
260. В каком случае схемы прямотока и противотока можно считать равноценными?
261. Укажите случаи конденсации одного из теплоносителей в теплообменном аппарате.
262. Укажите случаи кипения одного из теплоносителей в теплообменном аппарате.
263. Какая форма теплообмена является преобладающей при высоких температурах ?
264. Что называют тепловым излучением?
265. Какие тела излучают тепло?
266. Что такое селективное (избирательное) излучение?
267. Что такое монохроматическое излучение?
268. Укажите пределы длин волн ультрафиолетового излучения.
269. Укажите пределы длин инфракрасного излучения.
270. Укажите пределы длин волн видимых лучей.
271. Что такое интегральное излучение?
272. Тепловой поток, излучаемый на всех длинах волн с единицы поверхности тела по всем направлениям, называется ...
273. Как называются тела, поглощающая способность которых не зависит от длины волны?
274. Что называется абсолютно черным телом?
275. Что называется абсолютно белым телом?
276. Какое тело называется диатермичным?
277. Какими двумя выражениями определяется коэффициент отражения?
278. Укажите формулу закона Стефана Больцмана при лучистом теплообмене.
279. Как называется коэффициент пропорциональности C_0 в законе Стефана-Больцмана?
280. Укажите размерность коэффициента излучения.
281. Что такое степень черноты излучающего тела?
282. От чего зависит степень черноты тел?
283. Укажите закон Кирхгофа.
284. Чему равно отношение излучательной способности к поглощательной способности?
285. Укажите выражение закона Планка.
286. Укажите закон смещения Вина.
287. Из закона Вина следует, что при увеличении температуры тела ...
288. Каким законом управляет связь между T и λ_{\max} ?
289. Установите соответствие между законом теплового излучения и сущностью процесса.
290. Что такое поток эффективного излучения тела?
291. Что такое поток результирующего излучения?
292. При наличии n экранов плотность лучистого потока уменьшится в
293. Чем больше число экранов, тем плотность лучистого потока ...
294. Может ли серое тело поглощать больше энергии, чем черное тело таких же размеров и в такой же окружающей среде, если температуры серого и черного тел одинаковы?
295. Может ли серое тело излучать больше энергии, чем черное тело таких же размеров и в такой же окружающей среде, если температуры серого и черного тел одинаковы?
296. Может ли собственное излучение тела быть больше поглощенного этим телом излучения?
297. Какая величина характеризует интенсивность излучения в данной точке поверхности?
298. Какое из тел имеет наибольшую интенсивность излучения при одинаковой температуре поверхности?
299. Какой закон устанавливает зависимость спектральной плотности излучения абсолютно черного тела от длины волны?
300. Спектральная плотность потока излучения абсолютно черного тела J_λ ...

301. Какая связь существует между степенью черноты серого тела ε и его коэффициентом поглощения A ?
Здесь T – абсолютная температура тела.
302. Как зависит интенсивность излучения серого тела E от степени его черноты ε ?
303. Если два тела с температурами поверхности T_1 и T_2 участвуют в лучистом теплообмене, то каким выражением определяется результирующий тепловой поток между ними? Здесь ε_{np} – приведенная степень черноты.
304. Если одна из двух пластин, между которыми осуществляется лучистый теплообмен – абсолютно белое тело, то чему равняется приведенная степень черноты?
305. Если одна из двух пластин, между которыми осуществляется лучистый теплообмен – абсолютно черное тело, то чему равняется приведенная степень черноты?
306. Если между двумя пластинами, между которыми осуществляется лучистый теплообмен, расположить экран, а степени черноты всех поверхностей (пластин и экрана) одинаковы, то как изменится поток излучения между пластинами?
307. Если между двумя пластинами, между которыми осуществляется лучистый теплообмен, расположить n экранов, а степени черноты всех поверхностей одинаковы, то как изменится поток излучения между пластинами?
308. От чего зависит приведенная степень черноты при теплообмене между двумя телами, если одно из них находится внутри другого?
309. От каких факторов (параметров) зависит интенсивность лучистого теплообмена между газом и окружающей его оболочкой?
310. По какой температуре определяется коэффициент поглощения газа при расчете теплообмена излучением между газом и оболочкой?
311. Чему равна приведенная степень черноты системы, состоящей из 2-х параллельных поверхностей, если их степени черноты: $\varepsilon_1 = 0,5$; $\varepsilon_2 = 0,25$?
312. Каким выражением определяется коэффициент излучения для серого тела?
313. Отношение поверхностной плотности потока собственного интегрального излучения данного тела к поверхностной плотности потока интегрального излучения абсолютно черного тела при той же температуре называется ...
314. Известно, что с ростом температуры максимум излучения смещается в сторону более коротких волн, это – закон ...
315. Укажите формулу для определения мощности потока энергии при передаче теплоты излучением.
316. Согласно закону Ламберта, интенсивность излучения зависит от направления, определяемого углом φ , который оно образует с нормалью к поверхности, и максимальное и минимальное излучение имеет место при значении угла φ , равном ...
317. При установке трех экранов между двумя параллельными поверхностями с одинаковой степенью черноты ($\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_{эк}$) количество излучаемой энергии уменьшится в ...
318. Излучают и поглощают тепловую энергию ...
319. Для излучающего газа степень черноты зависит от ...
320. Каким выражением определяется коэффициент проницаемости?
321. Укажите единицу измерения интенсивности излучения.
322. Укажите два выражения для степени черноты тела.
323. Укажите три выражения для коэффициента поглощения.
324. Какой процесс осуществляется при переносе теплоты в вакууме?
325. При лучистом теплообмене между двумя параллельными поверхностями приведенный коэффициент излучения определяется по формуле ...
326. Приведенная степень черноты при лучистом теплообмене между двумя параллельными поверхностями определяется по формуле ...
327. Математически закон Стефана-Больцмана для абсолютно черного тела можно представить в виде ...
328. Из закона Кирхгофа следует, что если тело обладает малым коэффициентом поглощения, то оно обладает ...
329. Может ли собственное излучение тела быть меньше отраженного этим телом излучения?
330. Из закона Вина следует, что при увеличении температуры тела
331. Максимум спектральной плотности энергии теплового излучения при температуре T наблюдается на длине волны λ_1 , а при температуре $2T$ – на длине волны λ_2 . При этом выполняется одно из условий ...
332. Выберите соотношение, определяющее передаточную функцию идеального дифференцирующего звена.
333. Выберите соотношение, определяющее передаточную функцию ПИ-регулятора.
334. Укажите, какая кривая разгона соответствует аperiodическому переходному процессу.
335. Определите по виду переходной характеристики, какая автоматическая система регулирования является устойчивой.

336. Выберите изображение, характеризующее структурную схему ПИ-регулятора.
337. Выберите верное определение частотного критерия устойчивости Михайлова для автоматической системы регулирования.
338. Укажите, для каких типов регуляторов характерно наличие статической ошибки в автоматической системе регулирования.
339. Укажите выражение, характеризующее прямое преобразование Лапласа.
340. Выберите изображение, характеризующее нелинейный элемент типа реле с зоной нечувствительности и зоной возврата.
341. Укажите кривую разгона для переходного процесса по каналу внешнего возмущающего воздействия $f-u$.
342. Единицей измерения коэффициента усиления в автоматических системах регулирования является ...
343. Укажите верную запись дифференциального уравнения апериодического звена.
344. Укажите, какая зависимость характерна для номинальной статической характеристики комплекта расходомера (при измерении методом переменного перепада давления).
345. Выберите значение температуры, при котором определяется номинальная статическая характеристика термоэлектрического термопреобразователя.
346. При визуализации измеряемого технологического параметра его значение должно варьироваться в промежутке диапазона шкалы измерительного прибора.
347. Выберите утверждение, характеризующее принцип действия термоэлектрического преобразователя сопротивления.
348. Какой из вариантов ответов не является примером унифицированного аналогового сигнала?
349. Выберите соотношение для определения площади проходного сечения поворотной заслонки по разности между площадью условного прохода и проекцией площади заслонки на поперечное сечение.
350. Номинальное усилие на штоке исполнительного механизма типа МЭП-1600/63-160 составляет ...
351. В каких единицах измерения выполняется градуировка шкалы дистанционного указателя положения?
352. Для чего предназначены интерфейсные модули в структуре ПЛК
353. Укажите, какой из перечисленных сигналов невозможно «завести» в ПЛК при помощи модуля ввода аналоговых сигналов.
354. Укажите, какое обозначение является лишним для группы промышленных интерфейсов стандарта RS.
355. Укажите тип блока данных программы пользователя, предназначенный для долговременного хранения информации.
356. Выберите обозначение области битовой памяти (маркерная память) программируемого логического контроллера.
357. Для какого типа таймера выходной сигнал остается равным 1 в течение заданного времени независимо от длительности входного сигнала?
358. Какое событие описывают следующие условия: защита не работоспособна, контролируемый параметр в норме?
359. Какой тип сигналов характерен для систем технических защит и блокировок?
360. Укажите вариант, характеризующий выражения двойственных теорем.
361. Выберите наиболее полное определение матрицы Карно.

- 1) не изменяется
- 2) уменьшается
- 3) увеличивается

A10. Укажите, схема какой холодильной установки представлена на рисунке



- 1) парокомпрессионной
- 2) парожетторной
- 3) воздушной
- 4) адсорбционной

Инструкция: В заданиях В1, В2 определите принадлежность строчек, обозначенных буквами (А, Б, В, Г), к строчкам, обозначенным цифрами (1, 2, 3, 4, 5), и нанесите соответствующие отметки в бланке ответов. За каждый правильный ответ в заданиях В1, В2 выставляется два балла.

В1. Установите соответствие

Параметр состояния

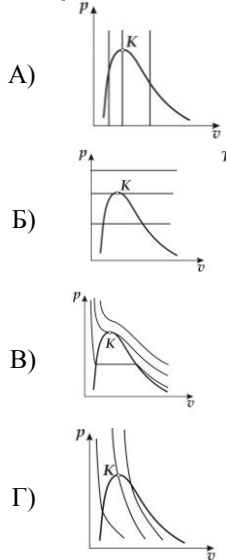
- А) температура
- Б) удельный объем
- В) давление
- Г) плотность

Расчетное выражение для идеального газа

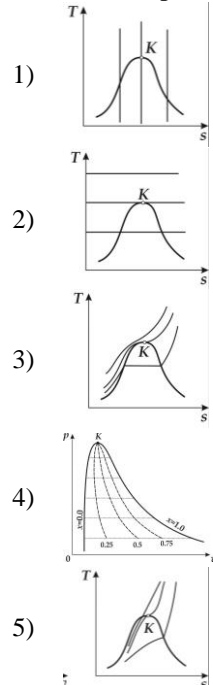
- 1) $\ln(P_1 / P_2) / \ln(v_2 / v_1)$
- 2) $\frac{RT}{v}$
- 3) $\frac{p}{RT}$
- 4) $\frac{RT}{p}$
- 5) $\frac{pv}{R}$

В2. Установите соответствие

p-v диаграмма



T-s диаграмма



Инструкция: В заданиях С1–С4 произведите требуемые вычисления, запишите полученный результат в бланк ответов в единицах измерения, указанных в тексте задания. За каждый правильный ответ в заданиях С1–С4 выставляется четыре балла.

С1. Газ O_2 в количестве 6 м^3 находится при температуре $120 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $0,8 \text{ МПа}$. Удельный объём газа равен ___ $\text{м}^3/\text{кг}$. Результат округлить до 1 разряда после запятой.

- C2.** В котельном цехе электростанции сожжено 60 т каменного угля, теплота сгорания которого 29000 кДж/кг. В результате сгорания каменного угля 20 % теплоты превращено в электрическую энергию. Количество теплоты, превращенное в электрическую энергию, равно ____ · 10³ кДж.
- C3.** Смесь газов CO₂ и N₂ находится при абсолютном давлении 3 МПа. Парциальное давление углекислоты 1,2 МПа. Масса газовой смеси ____ кг. Результат округлить до целого числа.
- C4.** При температуре 100 °С на линии насыщения удельный объем воды 0,001044 м³/кг, а удельный объем пара 1,674 м³/кг. Для влажного пара с удельным объемом 1,289 м³/кг степень сухости равна ____ . Результат округлить до 2 разряда после запятой.

Модуль «Теплообмен»

Инструкция: В заданиях А1 – А18 выберите правильные ответы и нанесите соответствующую метку на бланке ответов. За каждый правильный ответ в заданиях А1–А18 выставляется один балл.

А1. Закончите выражение «Передачу тепла от одной части тела к другой или от одного тела к другому, находящемуся в соприкосновении с первым, называют...»

- 1) теплопроводностью
- 2) теплоотдачей
- 3) теплопередачей

А2. Каково направление градиента температуры относительно изотермической поверхности?

1. по нормали в сторону возрастания температуры
2. по нормали в сторону падения температуры
3. по касательной в сторону возрастания температуры
4. по касательной в сторону падения температуры

А3. Термическое сопротивление однослойной плоской стенки толщиной δ определяется выражением:

$$1) \quad R = \frac{1}{\alpha} ; \quad 2) \quad R = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} ; \quad 3) \quad R = \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda} ; \quad 4) \quad R = \frac{\delta}{\lambda} .$$

А4. Как зависит линейная плотность теплового потока q_ℓ через цилиндрическую стенку от отношения диаметров d_2 / d_1 ?

- 1) С ростом d_2 / d_1 q_ℓ уменьшается
- 2) С ростом d_2 / d_1 q_ℓ увеличивается
- 3) С ростом d_2 / d_1 q_ℓ сначала уменьшается, а потом увеличивается

А5. Какие режимы движения жидкости Вы знаете? Укажите все правильные ответы

- 1) Ламинарный
- 2) Турбулентный
- 3) Переходный
- 4) Гравитационный

А6. Укажите размерность коэффициента теплоотдачи.

$$1. \quad \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \quad 2. \quad \frac{Вт}{м^2 \cdot К^4} \quad 3. \quad \frac{Вт}{м \cdot К} \quad 4. \quad \frac{Вт}{м^2}$$

А7. Что характеризует критерий (число) Рейнольдса?

- 1) Соотношение сил инерции и сил вязкости в движущейся жидкости
- 2) Соотношение сил инерции и гравитационных сил в движущейся жидкости
- 3) Соотношение сил инерции и подъемной силы в движущейся жидкости

А8. Какая из приведенных ниже формул для расчета теплоотдачи при развитом турбулентном режиме движения жидкости в длинной трубе является правильной?

- 1) $Nu = C \cdot Re^m \cdot Gr^K \cdot Pr^n$
- 2) $Nu = C \cdot Re^m \cdot Pr^n \cdot (Pr / Pr_c)^k$
- 3) $Nu = C \cdot Gr^m \cdot Pr^n \cdot (Pr / Pr_c)^k$
- 4) $Nu = C Re^n$

А9. Укажите последовательность смены режимов кипения для случая, когда регулируемой величиной является $\Delta t = t_c - t_{жс}$ (Δt возрастает).

- 1) Пузырьковый, переходный, пленочный
- 2) Пузырьковый, пленочный, переходный
- 3) Пленочный, переходный, пузырьковый
- 4) Переходный, пленочный, пузырьковый

А10. От каких факторов зависит величина критической плотности теплового потока при кипении теплоносителя в трубах и каналах?

- 1) Массовое расходное паросодержание (X)

- 2) Массовая скорость (ρw)
- 3) Давление (p)
- 4) Температура стенки (t_{cm})

A11. Какими характеристиками описываются свойства тела по отношению к потоку падающего на него излучения?

- 1) Коэффициент поглощения
- 2) Коэффициент отражения
- 3) Коэффициент пропускания
- 4) Коэффициент диффузии

A12. Какая связь существует между степенью черноты серого тела ε и его коэффициентом поглощения A ? Здесь T – абсолютная температура тела

- 1) $\varepsilon = A$
- 2) $\varepsilon = A^2$
- 3) $\varepsilon = A \cdot 1/T$
- 4) $\varepsilon = 1/A$

A13. Если между двумя пластинами, между которыми осуществляется лучистый теплообмен, расположить экран, а степени черноты всех поверхностей (пластин и экрана) одинаковы, то как изменится поток излучения между пластинами?

- 1) Уменьшится в 2 раза
- 2) Уменьшится в 4 раза
- 3) Уменьшится в 1,5 раза

A14. Уравнение для конструкторского расчета рекуперативных теплообменных аппаратов имеет вид:

$$1) Q = k \cdot \Delta t_{cp} \cdot F; \quad 2) Q = C_0 \cdot \varepsilon \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^4 \cdot F; \quad 3) Q = \frac{(t_1 - t_2)}{R_{общ}} \cdot F; \quad 4) q = k \cdot \Delta t.$$

A15. Под водяным эквивалентом понимают произведение

$$1) w = c(t_1 - t_2); \quad 2) w = kF \Delta t_{cp}; \quad 3) w = c \cdot G; \quad 4) w = G(t_1 - t_2)$$

A16. При расчете среднего температурного напора для аппарата со сложной схемой движения теплоносителей поправочный коэффициент умножают на среднелогарифмический температурный напор, определенный как для:

- 1) Противоточного аппарата
- 2) Прямоточного аппарата
- 3) Аппарата с перекрестным током
- 4) Поперечно-противоточного аппарата

A17. Размерность коэффициента теплопередачи при расчете теплообменного аппарата:

1. Вт/м²
2. Вт/(м² К)
3. Дж/(м² К)
4. Вт/(м К)

A18. В каком случае схемы прямотока и противотока можно считать равноценными?

- 1) При одинаковых температурах горячего и холодного теплоносителей на входе в теплообменный аппарат
- 2) При одинаковых температурах горячего и холодного теплоносителей на выходе теплообменного аппарата
- 3) При кипении и конденсации одного из теплоносителей
- 4) При одинаковой площади поверхности теплообмена

Инструкция: В заданиях В1 – В3 установите соответствие и нанесите соответствующие метки на бланке ответов. За каждый правильный ответ в заданиях В1 – В3 выставляется два балла.

В1. Установите соответствие между видом материала и теплопроводностью

Материал	Теплопроводность, Вт/(м·К)
1. Сталь углеродистая	А. 45
2. Воздух	Б. 0,018
3. Кирпич	В. 0,2...0,3
4. Алюминий	Г. 200
	Д. 2...5

В2. Установите соответствие между родом граничных условий теплопроводности и математическим описанием

Род граничных условий	Математическое описание
1. Граничные условия первого рода	А. $\left(\frac{\partial t}{\partial \tau}\right)_c = a \cdot \nabla^2 t + \frac{q_v}{c \cdot \rho}$
2. Граничные условия второго рода	Б. $t_c = f(x, y, z, \tau)$
3. Граничные условия третьего рода	В. $\left(\frac{\partial t}{\partial n}\right)_c = \frac{\alpha}{\lambda} \cdot (t_c - t_{жс})$
4. Граничные условия четвертого рода	Г. $\lambda_1 \cdot \left(\frac{\partial t_1}{\partial n}\right)_c = \lambda_2 \cdot \left(\frac{\partial t_2}{\partial n}\right)_c$
	Д. $q_c = f(x, y, z, \tau)$

Инструкция: В заданиях С1 – С2 запишите формулу, проведите вычисления и запишите на бланке ответов полученный ответ с размерностью. За каждый правильный ответ в заданиях С1–С2 выставляется четыре балла.

С1. Чему равна плотность теплового потока, если коэффициент теплоотдачи от среды к стенке $35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, температура среды $21 \text{ }^\circ\text{C}$, температура стенки $20 \text{ }^\circ\text{C}$?

С2. Чему равна степень черноты серого тела и значение $E_{\text{соб}}$ при температуре $T=800 \text{ К}$, если $E_{\text{пад}}=60 \text{ кВт}/\text{м}^2$, $E_{\text{погл}}=48 \text{ кВт}/\text{м}^2$?

Модуль «Гидрогазодинамика»

Инструкция: В заданиях А1 – А12 выберите один правильный ответ и нанесите соответствующую метку на бланке ответов. За каждый правильный ответ в заданиях А1–А12 выставляется один балл.

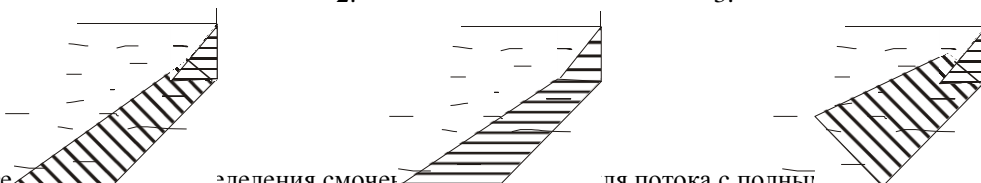
А1. Динамический коэффициент вязкости с увеличением скорости скольжения слоёв жидкости
 1. Не изменится; 2. Увеличится; 3. Уменьшится.

А2. В основном уравнении гидростатики отражен закон
 1. Архимеда; 2. Паскаля; 3. Эйлера.

А3. Зависимость для определения изменения объёма жидкости с изменением температуры определяется по формуле

1. $\Delta W = \frac{\Delta t \cdot W}{\beta_t}$ 2. $\Delta W = \Delta t \cdot W \cdot \beta_t$ 3. $\Delta W = \frac{W}{\Delta t \cdot \beta_t}$

А4. Какая из приведённых эпюр избыточного давления является правильной?
 1. 2. 3.



А5. Укажите формулу определения смоченной площади для потока с полной трубой
 1. $\chi = \pi \cdot r^2$. 2. $\chi = \pi \cdot D$. 3. $\chi = 2 \cdot \pi \cdot D$.

А6. При условии прохождения плоскости сравнения по оси трубы трубка Пито измеряет
 1. Полную энергию. 2. Потенциальную энергию. 3. Кинетическую энергию.

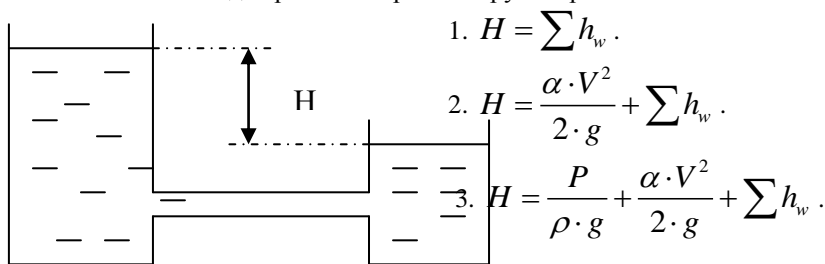
А7. Укажите размерность расхода.
 1. м/с². 2. м³/с. 3. м²/с.

А8. Укажите правильное соотношение для числа Рейнольдса.

1. $\frac{l \cdot u}{\nu}$. 2. $\frac{l \cdot g}{u^2}$. 3. $\frac{P_0}{\rho \cdot u^2}$.

А9. Эпюры безразмерных скоростей, отнесенных к средней скорости потока, при ламинарном режиме с увеличением расхода, не вызвавшем изменения режима,
 1. Не изменятся. 2. Вытянутся. 3. Наполнятся.

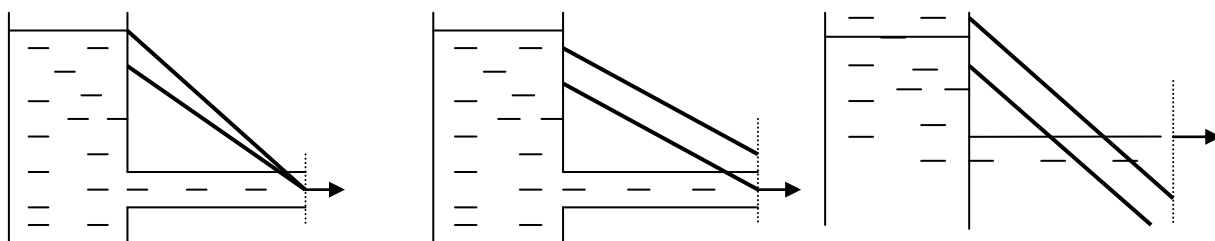
А10. Укажите зависимость для расчета короткой трубы при истечении из бака в бак с напором Н.



А11. Укажите формулу Борда для определения коэффициента местного сопротивления при внезапном расширении.

1. $\zeta_{ep} = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} + 1 \right)^2$; 2. $\zeta_{ep} = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2$; 3. $\zeta_{ep} = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)$.

А12. Укажите правильное построение напорной и пьезометрической линий.
 1. 2. 3.



Инструкция: В заданиях В1, В2, В3 определите принадлежность строчек, обозначенных буквами (А, Б, В), к строчкам, обозначенным цифрами (1, 2, 3, 4, 5), и нанесите соответствующие отметки в бланке ответов. За каждый правильный ответ в заданиях В1–В3 выставляется два балла.

В1. Установите соответствие

1.	Коэффициент температурного расширения	А.	$[\frac{1}{Па}]$
2.	Коэффициент объемного сжатия	Б.	$[\frac{1}{^{\circ}C}]$
3.	Модуль упругости	В.	$[Па]$

В2. Установите соответствие

1.	Квадратичный закон	А.	$\lambda = \frac{64}{Re}$
2.	Ламинарная область сопротивлений	Б.	$\lambda = 0.3164 \cdot Re^{-0.25}$
3.	Область гидравлически гладких труб	В.	$\lambda = \lambda(\bar{\Delta})$

В3. Установите соответствие

1.	Закон Паскаля	А.	$gz + \frac{P}{\rho} = const$
2.	Закон сохранения энергии	Б.	$gz + \frac{P}{\rho} + \frac{u^2}{2} = const$
3.	Основное уравнение гидростатики	В.	$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$

Инструкция: В заданиях С1 – С3 произведите требуемые вычисления, запишите полученный результат в бланк ответов в единицах измерения, указанных в тексте задания. За правильный ответ в заданиях С1–С3 выставляется четыре балла.

С1. Определить потери по длине в трубе длиной 100 м, диаметром 200 мм, пропускающей расход $Q = 0.0628 \text{ м}^3/\text{с}$, а коэффициент трения $\lambda = 0.025$. $g \approx 10 \text{ м}/\text{с}^2$.

С2. При установившемся движении $Re = 1200$, чему будет равно число Re , если с изменением диаметра скорость возрастет в 4 раза?

С3. Определить расход жидкости в трубе диаметром $d = 200 \text{ мм}$, длиной $\ell = 100 \text{ м}$, если потери по длине $h_{\text{дл}} = 2,5 \text{ м}$, коэффициент трения по длине $\lambda = 0,025$, g принять $10 \text{ м}/\text{с}^2$

Модуль «Технология централизованного производства электроэнергии»

Инструкция: В заданиях А1–А9 выберите верные ответы и нанесите соответствующие метки на бланке ответов.

1. Перегрев пара при заданном начальном давлении приводит к

1. повышению КПД цикла всегда
2. повышению КПД цикла только в схемах с сепарацией
3. повышению КПД цикла только в схемах с сепарацией и промперегревом
4. снижению КПД цикла

2. Теоретическая энтальпия отработавшего в турбине пара при повышении начальной температуры и постоянных значениях начального и конечного давления

1. увеличится всегда
2. уменьшится всегда
3. не изменится
4. увеличится только в цикле насыщенного пара
5. уменьшится только в цикле насыщенного пара
6. увеличится только в цикле перегретого пара
7. уменьшится только в цикле перегретого пара

3. Регенерация - это

1. подогрев питательной воды паром, совершившим механическую работу
2. дополнительное охлаждение отработавшего пара
3. подогрев сетевой воды за счет тепла отработавшего пара
4. подогрев питательной воды паром

4. В регенеративных подогревателях необходимо иметь большее давление воды по сравнению с греющим паром с целью

1. предотвращения вскипания воды
2. интенсификации теплообмена
3. уменьшения необходимой поверхности нагрева
4. повышения безопасности эксплуатации подогревателя
5. снижения потребляемой насосом мощности

5. Коэффициент теплофикации – это отношение

1. максимального отпуска теплоты из отборов турбины к максимальному отпуску теплоты потребителю
2. текущего отпуска тепла из отборов турбины к полному отпуску тепла от ТЭЦ
3. макс. отпуска тепла из отборов к ее электрической мощности
4. максимального отпуска теплоты потребителю к макс. отпуску тепла из отборов турбины
5. мощности, выработанной на тепловом потреблении, к отпуску теплоты от турбоустановки

6. Формула для расчета КПД паротурбинной установки по выработке электроэнергии, где: $Q_{от}$ - отпущенное тепло из ТУ; N_e - электрическая мощность; $Q_{ту}$ - расход тепла на ПТУ

1. $KПД=N_e/(Q_{ту}-Q_{от})$
2. $KПД=N_e/(Q_{ту}+Q_{от})$
3. $KПД=(N_e+Q_{от})/Q_{ту}$
4. $KПД=(N_e-Q_{от})/Q_{ту}$

7. Какие из перечисленных факторов обеспечивают эффективность деаэрации

1. выпар из деаэратора
2. нагрев воды до температуры насыщения
3. высокое давление греющего пара
4. подогрев воды в деаэраторе менее 5 С.

8. Из какой точки внутреннего объема деаэратора производится удаление неконденсирующихся газов?

1. из самой верхней точки деаэратора
2. непосредственно над уровнем воды в баке
3. из самой нижней точки колонки деаэратора
4. непосредственно возле патрубка подвода греющего пара

9. ПГУ с высоконапорным парогенератором может работать на

1. природном газе и легком жидком топливе

2. любом топливе
3. твердом топливе
4. твердом и жидком топливе

Модуль «Автоматизация тепловых процессов»

Инструкция: В заданиях А1–А10 выберите верные ответы и нанесите соответствующие метки на бланке ответов.

1. Объект управления характеризует термин
 1. парогенератор
 2. температура
 3. регулирующий клапан
 4. турбонасос
2. Ограничение на использование принципа разомкнутого управления
 1. высокая инерционность объекта
 2. отсутствие датчика
 3. объект описывается звеном запаздывания
 4. отсутствие помех
3. Сколько импульсов в АСР питания барабанного котлоагрегата?
 1. 1
 2. 2
 3. 3
 4. 4
4. Виды сужающих устройств, используемых в качестве первичных преобразователей в расходомерах переменного перепада давления (три варианта):
 1. Диафрагма
 2. Сопло
 3. Диск
 4. Труба Вентури
 5. Кольцо
5. Какие жидкости могут подаваться во впрыскивающий пароохладитель для регулирования температуры перегретого пара (два варианта)?
 1. Конденсат турбины
 2. Собственный конденсат
 3. Питательная вода
 4. Охлаждающая вода
6. Какой фактор влияет на наличие колебательных процессов в пароперегревателе?
 1. Негерметичность конструкции
 2. Нарушение прочностных характеристик (плавление) материала
 3. Низкий КПД котлоагрегата
 4. Повышение значения верхней/нижней уставки температуры перегретого пара
7. Для автоматической системы регулирования тепловой нагрузки котлоагрегата точка отбора давления расположена...
 1. в верхней части топки
 2. на входе в котел
 3. на выходе из котла
 4. после пароперегревателя
8. Коэффициент A в выражении для импульса по теплу $Q = A \cdot \frac{dP_{\sigma}}{dt} + D_{mn} \cdot (i_{mn} - i_{ns})$ характеризует.
 1. аккумулирующую способность котла
 2. нагрузку
 3. тепловосприятие
 4. автоматический коэффициент нагрузки
9. Какое устройство служит для подачи воздуха в топку
 1. дымосос
 2. воздухоподогреватель
 3. дутьевой вентилятор
 4. циркуляционный насос
10. Для какого вида топлива схема «тепло-воздух» наиболее эффективна в АСР экономичности процесса горения?
 1. жидкое
 2. твердое
 3. газообразное
 4. гелеобразное

КОМПЛЕКСНОЕ ЗАДАНИЕ – 15 баллов

Паротурбинная установка ТЭС с начальными параметрами пара P_0, t_0 и конечным давлением P_K работает по циклу Ренкина с одноступенчатым регенеративным отбором (P_1) для подогрева питательной воды в теплообменнике смешивающего типа – рис. 1. Расход острого пара равен D_0 . Потери давления в стопорном и регулирующем клапанах турбины (СРК) составляют δP_0 , % от P_0 . Электрическая нагрузка собственных нужд станции равна N_{CH} , % от N_{Σ} .

Потери на дросселирование в других элементах тепловой схемы не учитывать. Повышением энthalпии в насосах пренебречь. Потери теплоты от котла к турбине не учитывать.

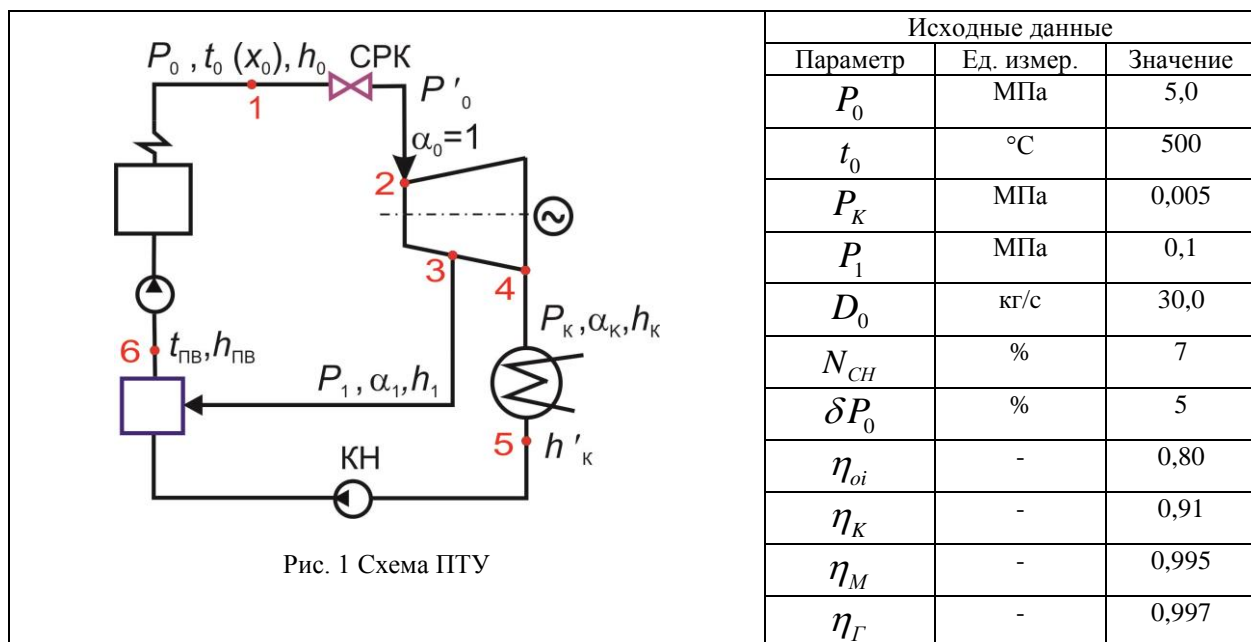


Рис. 1 Схема ПТУ

Условные обозначения

η_{oi} - внутренний относительный КПД турбины;

η_K - КПД котла; η_M, η_{Γ} - механический КПД и КПД генератора соответственно;

$Q_H^p = 29300$ кДж/кг – низшая рабочая теплота сгорания условного топлива;

N_{CH} - электрическая мощность на собственные нужды ТЭС (% от N_{Σ}).

Выполнить следующие задания:

1. Определить параметры рабочего тела в характерных точках схемы и записать значения в ячейки:

Точка 1	$h_0 =$	кДж/кг	1 балл
Точка 2	$P'_0 =$	МПа	1 балл
Точка 3	$h_1 =$	кДж/кг	1 балл
Точка 4	$h_K =$	кДж/кг	1 балл

Итого по заданию 1 – 7 баллов.

Точка 5	$h'_K =$	кДж/кг	1 балл
Точка 6	$t_{ПВ} =$	°С	1 балл
Точка 6	$h_{ПВ} =$	кДж/кг	1 балл

2. Составить уравнения теплового и материального балансов для регенеративного подогревателя, рассчитать и записать в ячейки значения относительных расходов:

греющего пара	$\alpha_1 =$	1 балл
---------------	--------------	---------------

нагреваемой воды	$\alpha_K =$	1 балл
------------------	--------------	---------------

Итого по заданию 2 – 2 балла.

3. Определить и записать значения в ячейки:

электрическую мощность турбины	$N_{\text{э}} =$	МВт	1 балл
расход теплоты на турбоустановку	$Q_{\text{ТУ}} =$	МВт	1 балл
расход условного топлива в котле	$B =$	кг/с	1 балл
КПД станции по выработке электроэнергии	$=$	–	1 балл
КПД станции по отпуску электроэнергии	$=$	–	1 балл
Уд. расход условного топлива по отпуску электроэнергии	$=$	$\frac{z \text{ у.т.}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$	1 балл

Итого по заданию 3 – 6 баллов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА.....	3
ТЕПЛОМАССОБМЕН	6
ГИДРОГАЗОДИНАМИКА.....	9
ТЕХНОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	11
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ.....	12
ЛИТЕРАТУРА	13
ФОРМА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ 13.03.01 «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА» И ОЦЕНИВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКЗАМЕНА.....	15
ВОПРОСЫ К ГОСУДАРСТВЕННОМУ ЭКЗАМЕНУ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ 13.03.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА....	16
ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА	25