

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего
профессионального образования
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. Кафедрой РЭТЭМ
_____ В.И. Туев
«__» _____ 2015г

Теплофизика

**Методические указания по СРС (самостоятельной и индивидуальной
работе) студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавра
20.03.01 «Техносферная безопасность»**

Разработчик:

к.т.н. Апкарьян А.С.

ТОМСК 2015

Содержание

	Стр.
1. Введение	3
2. Цели и задачи дисциплины	4
3. Содержание лекционного курса	4
4. Правила выполнения лабораторных работ	4
5. Лабораторный практикум	6
6. Практические занятия	10
7. Тестовый контроль	11
8. Список экзаменационных вопросов	12
9. Учебно- методическое обеспечение дисциплины	

Введение

Изучение теплофизики студентами технических высших учебных заведений предусматривает проведение определённого количества лабораторных работ.

В данных методических указаниях даются общие разделы, ознакомление с которыми необходимо для правильного проведения самих работ: содержание работы, описание экспериментальной установки, методика и последовательность проведения работ, обработка результатов измерений.

Данное методическое указание не ограничивается только лишь проведением эксперимента, В каждой работе дана и расчётная часть, а в отдельных работах полученные экспериментальные данные дают возможность провести аналитическое описание изученных свойств и составить графики исследуемого теплофизического процесса.

Некоторые работы проводятся непосредственно на действующем предприятии, что вызывает особый интерес у студентов, когда теоретические знания реально применяются на практике.

1. Цели и задачи дисциплины:

Цель преподавания дисциплины – теоретически и практически подготовить будущих специалистов методам получения, преобразования, передачи и использования теплоты, выбирать и эксплуатировать необходимое оборудование отраслей промышленности. При этом необходимо особое внимание уделить максимальной экономии теплоэнергетических ресурсов и материалов, интенсификации технологических процессов, выявлению и использованию вторичных энергоресурсов, защите окружающей среды и безопасности людей.

Задачей курса является формирование у студентов знаний; основ преобразования энергии, законов термодинамики и тепломассообмена, термодинамических процессов и циклов, свойств существенных для отрасли рабочих тел, горения, энерготехнологии, энергосбережения, принципов работы тепловых и теплообменных аппаратов, теплосиловых установок. Дисциплина даёт знания основных принципов обеспечения жизнедеятельности и безопасности при работе на компрессорах, тепловых и холодильных установках.

2. Содержание лекционного курса

2.1. Разделы лекционного курса

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов
1.	Топливо и теплофизические процессы горения	Общая характеристика топлива. Классификация топлива. Химический состав топлива. Тепловые эффекты реакций окисления. Теплота сгорания топлива. Высшая и низшая теплота сгорания топлива. Теплофизический расчёт горения топлива. Определение температуры вспышки Твёрдое топливо. Естественное твёрдое топливо. Искусственное твёрдое топливо. Жидкое топливо. Естественное жидкое топливо. Искусственное жидкое топливо. Газообразное топливо. Природный газ. Искусственное газообразное топливо. Устройства для сжигания топлива. Охрана окружающей среды при сжигании топлива. Пожаробезопасность при сжигании топлива. Охрана труда, обеспечение жизнедеятельности и безопасности при сжигании топлива. Охрана окружающей среды.
2.	Техническая термодинамика.	Определение дисциплины и его задачи. Рабочее тело. Параметры состояния рабочего тела. Температура рабочего тела. Давление. Удельный вес. Единицы измерения. Приборы для измерения основных параметров состояния рабочего тела. Равновесное состояние системы. Неравновесное состояние системы. Внутренняя энергия системы. Работа. Количество теплоты. Термодинамические процессы. Обратимый и необратимый процессы. Графическое изображение термодинамических процессов на PV -диаграмме. Основные

		<p>свойства газовой смеси. Объемная доля газовой смеси. Весовая доля газовой смеси. Давление смеси. Теплоемкость газов. Теплоемкость газовой смеси. Истинная теплоемкость. Средняя теплоемкость. Весовая теплоемкость. Уравнение Майера. Изобарная и изохорная теплоемкость. Идеальный газ. Уравнения состояния идеального газа: Менделеева - Клайперона, Клайперона. Уравнения состояния реального газа; Ван-дер-Ваальса, Вукаловича-Новикова. Равновесные и неравновесные системы. Внутренняя энергия. Работа и количество теплоты. Сущность первого закона термодинамики. Энтальпия газов. Энтропия. Вычисления энтропии газов. Принцип возрастания энтропии. Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа. Изображение термодинамических процессов изменения состояния газа на PV - диаграммах. Графическое изображение термодинамических процессов изменения состояния идеального газа на TS- диаграммах. Теплота процесса. Работа процесса. Круговой процесс теплового двигателя. Идеальный цикл. Термический к.п.д. цикла. Прямой и обратный термодинамические циклы кругового процесса. Циклы Карно на PV и TS диаграммах. Термический к.п.д. цикла Карно. Практическое значение цикла Карно. Сущность второго закона термодинамики. Формулировки второго закона термодинамики. Работоспособность системы. Процесс парообразования. Испарение. Насыщенный пар. Перегретый пар. Конденсация пара. Упругость насыщенного пара. Кипение. Степень сухости. Внутренняя теплота парообразования. Процесс парообразования на TS диаграмме. Теплота парообразования. Теплота жидкости. Теплота перегрева. Определение параметров состояния воды и водяного пара на PV- диаграмме. Кривые сухости. IS - диаграммы водяного пара. Схема паросиловой установки. Цикл Ренкина. К.п.д. цикла Ренкина.</p>
3	Теплопередача	<p>Основы теплопередачи. Теплопроводность, теплоотдача (конвективный теплообмен), излучение (лучистый или радиационный). Температурное поле. Температурный градиент. Основной закон теплопроводности. Теплопроводность стенки. Плоская однослойная стенка. Плоская многослойная стенка. Цилиндрическая стенка. Конвективный теплообмен. Основные понятия. Свободное движение жидкости. Вынужденное движение жидкости. Теплообмен излучением. Основные понятия. Уравнение теплового баланса теплообмена излучением. Закон Кирхгофа. Излучение газов и паров. Закон Стефана - Больцмана. Степень</p>

		черноты. Теплообменные аппараты. Рекуперативные и регенеративные теплообменные аппараты..
4	Охрана окружающей среды, пожарная безопасность. Безопасность и жизнедеятельность при работе на тепловых агрегатах.	Условия допуска. Работы на установках, связанных с взрывоопасными и пожароопасными веществами и материалами. Характеристика опасных и вредных производственных факторов. Правила хранения горючих веществ и материалов. Средства пожаротушения. Требования по обеспечению пожаро - и взрывобезопасности. Обязанности сотрудников перед началом работы. Обязанности сотрудников во время работы. Порядок совместных действий сотрудников и подразделений пожарной охраны при пожаре. Обязанности сотрудников по окончании работы

2.2. Разделы внесённые на самостоятельную работу

2.2.1. Подготовка к лабораторным работам

2.2.2. Подготовка к лекциям.

2.2.3. Подготовка к практическим занятиям

2.2.4. Подготовка и сдача экзамена

3. Лабораторный практикум

3.1. Лабораторные работы:

3.1.1. Лабораторная работа №1.

Определение удельных объёмов методом гидростатического взвешивания

3.1.2. Лабораторная работа №2.

Определение потерь тепла в прямоточном рекуператоре

3.1.3. Лабораторная работа №3.

Определение потерь тепла в противоточном рекуператоре

3.1.4. Лабораторная работа №4.

Определение потерь тепла через стенку теплового агрегата

3.1.5. Лабораторная работа №5.

Приборы и методы определения параметров рабочих тел

3.1.6. Лабораторная работа №6.

Определение влажности твёрдого топлива

3.1.7. Лабораторная работа №7.

Определение зольности твёрдого топлива

3.1.8. Лабораторная работа №8.

Энтروпийные диаграммы. Определение параметров воды и водяного пара

3.2. Правила выполнения лабораторных работ по теплофизике

3.2.1. Каждая лабораторная работа выполняется бригадой в составе 3-4 студентов.

3.2.2. Прежде чем приступить к лабораторной работе, каждый студент должен изучить ее

описание, подготовить бланк отчета и сдать преподавателю коллоквиум по теоретическим вопросам, относящийся к данной работе.

3.2.3. Студент, не имеющий бланк отчета или не сдавший коллоквиум, к проведению лабораторной работы не допускается. Он обязан отработать ее в указанное преподавателем время.

3.2.4. После окончания лабораторных занятий результаты измерений и расчетов каждый студент предъявляет преподавателю для визирования.

3.2.5. К началу следующего лабораторного занятия студент должен сдать законченный отчет по выполненной работе, без данного отчета он не допускается к дальнейшим лабораторным работам.

3.2.6. Отчет по работе выполняется на листах белой бумаги (формат А4) в соответствии с ГОСТ 2.105-95. На титульном листе указывается наименование работы, кто выполнил, кто проверил, указывается год выполнения работы. На листах отчета должны быть: цель работы, схема опытного устройства, таблицы результатов измерений и таблицы результатов расчетов, с расчетами. Особое внимание при проведении расчетов необходимо обращать на соблюдение единства систем единиц измерения. Все величины, участвующие в расчетах, выражать в единицах СИ. Графики строятся на бумаге формата А4 и прилагаются к отчету.

3.3. Инструкция по технике безопасности при работе в лаборатории теплофизики, теплотехники и гидромеханики

3.3.1. К практическим занятиям в лаборатории допускаются студенты, получившие инструктаж по технике безопасности с соответствующим оформлением его в журнале.

3.3.2. Запрещается без разрешения преподавателя включать электрооборудование, открывать и закрывать задвижки и вентили трубопроводов, включать измерительные приборы и установки.

3.3.3. Перед началом работы необходимо ознакомиться с заданием, с правилами безопасности проведения работ, проверить исправность ограждений и предохранительных устройств.

3.3.4. При работе в лабораториях выполняется только та лабораторная работа, которая предусмотрена планом. Категорически воспрещается выполнять другие лабораторные работы.

3.3.5. Во время выполнения лабораторной работы ходить без дела по лаборатории запрещается, т.к. этим отвлекается внимание других студентов и остается без наблюдения лабораторная установка, что может повлечь за собой несчастный случай.

3.3.6. Оборудование лаборатории относится к разряду опасных в связи с возможностью поражения электрическим током, поэтому студенты обязаны строго соблюдать правила безопасности. В случае прекращения подачи электроэнергии необходимо отключить установку и оставаться у рабочего места.

3.3.7. Если произошел несчастный случай, то необходимо немедленно оказать первую помощь и сообщить об этом преподавателю.

3.3.8. Бережное отношение к приборам и оборудованию лаборатории создает условия вашей безопасности.

3.3.9. Запрещается в лабораторию приносить верхнюю одежду.

3.3.10. По окончании работы приведите в порядок рабочее место

3.4. Пример выполнения лабораторной работы

Определение влажности твёрдого топлива

Цель работы

1. Закрепление и знаний по разделу «Топливо».
2. Изучить методику определения влажности твёрдого топлива.
3. Определить влажность твёрдого топлива.

Необходимое оборудование и материалы

1. Шкафы сушильные электрические с терморегулятором обеспечивающие устойчивую температуру нагрева от 105 до 110°C, с отверстиями для естественной вентиляции или установкой для обмена воздуха или азота.
2. Шкафы сушильные для подсушивания проб с электрическим или газовым обогревом, с регулированием температуры от 40 до (50±5)°C естественной или искусственной вентиляцией или с обменом нагретого азота.
3. Термометр ртутный до 120°C с ценой деления шкалы 1°.
4. Бюксы стеклянные или алюминиевые с крышками для определения влаги в лабораторной или аналитической пробе. Диаметры бюкс должны быть такими, чтобы на 1 см² поверхности приходилось не более 0,15 г топлива для аналитической пробы массой около 1 г или 0,30 г для 10 г лабораторной пробы крупностью менее 3 мм.
5. Противни из неокисляющегося металла для подсушивания проб.
6. Эксикаторы, наполненные свежепросушенным силикагелем или другими высушивающими веществами.
7. Аналитические или электронные весы.

Теоретические основы метода

Определение общей влаги может производиться как сумма внешней влаги и влаги воздушно-сухого топлива (двухступенчатый способ).

Сущность метода определения внешней влаги заключается в высушивании пробы при комнатной температуре или в сушильном шкафу с температурой не более 40°C для бурых углей и не более 50°C для каменных углей и горючих сланцев и вычислении массовой доли влаги по потере в массе.

Влагу воздушно-сухого топлива определяют по лабораторной пробе (крупностью не более 3 мм и массой не менее 500 г) после определения внешней влаги сушкой при температуре от 105 до 110°C или методом дистилляции.

Метод определения влаги аналитической пробы заключается в высушивании навески аналитической пробы топлива (максимальный размер зерен не более 2 мм) в сушильном шкафу при температуре 105-110°C и вычислении массовой доли влаги по потере в массе.

Задание

- Изучить метод определения влажности твёрдого топлива.
- Произвести отбор и подготовку проб.
- Определить внешнюю влагу.
- Определить влагу воздушно-сухого топлива.
- Определить влажность твёрдого топлива.

Проведение работ

1. Определение внешней влаги

1.1. Сущность метода заключается в высушивании пробы при комнатной температуре или в сушильном шкафу с температурой не более 40°C для бурых углей и не более 50°C для каменных углей и горючих сланцев и вычислении массовой доли влаги по потере в массе.

1.2. Подготовка пробы

Максимальный размер зерна пробы для определения внешней влаги не должен превышать 20 мм. Масса пробы в килограммах должна быть не менее 0,1 максимального размера куска в миллиметрах, но не менее 0,5 кг.

1.3. Проведение испытания.

Пробу разравнивают на взвешенном противне так, чтобы на 1 дм² поверхности приходилось не более 100 г пробы. Противень с пробой взвешивают с точностью до 0,05 % массы навески и ставят для свободной сушки в помещении с хорошей вентиляцией или в сушильный шкаф.

Длительность сушки в сушильном шкафу не должна превышать 8 ч. Для бурых углей и лигнитов с содержанием общей влаги более 35 % время сушки может быть увеличено. После окончания сушки в сушильном шкафу противни с пробами вынимают и оставляют для свободной сушки при комнатной температуре до тех пор, пока разность масс за последний час между двумя последними взвешиваниями не будет превышать 0,3 % первичной массы навески для бурых углей и 0,1 % - для каменных углей и горючих сланцев. В течение сушки, а также после каждого отдельного взвешивания пробу перемешивают так, чтобы не возникали потери пробы.

2. Определение влаги воздушно-сухого топлива.

2.1. Сущность метода.

Влагу воздушно-сухого топлива определяют по лабораторной пробе (крупностью не более 3 мм и массой не менее 500 г) после определения внешней влаги сушкой при температуре от 105 до 110°C или методом дистилляции.

2.2. Проведение испытания.

Из лабораторной пробы отбирают в бюксы навеску массой около 10 г. Открытые бюксы помещают в сушильный шкаф, предварительно нагретый до температуры от 105 до 110°C, и выдерживают при этой температуре не менее:

60 мин - угли каменные и горючие сланцы;

90 мин - угли бурые и лигниты;

120 мин - антрацит.

2.3. Вынимают бюксы из сушильного шкафа, накрывают крышкой, охлаждают на металлической подставке 2-3 мин, затем в эксикаторе до комнатной температуры и взвешивают. Проводят контрольные сушки в течение 30 мин до тех пор, пока расхождение между двумя последними взвешиваниями будет не более 0,1 %. За результат принимают самую низкую массу.

3. Определение влаги аналитической пробы.

3.1. Сущность метода заключается в высушивании навески аналитической пробы топлива (максимальный размер зерен не более 2 мм) в сушильном шкафу при температуре 105-110°C и вычислении массовой доли влаги по потере в массе.

3.2 Проведение испытания.

Из аналитической пробы топлива во взвешенную бюксу отбирают около 1 г топлива. Бюксу с навеской топлива помещают в сушильный шкаф, предварительно нагретый до температуры 105-110°C и при этой температуре сушат не менее:

30 мин - каменные угли, антрацит и горючие сланцы;

60 мин - бурые угли и лигниты.

После окончания сушки бюксы вынимают из сушильного шкафа, закрывают крышками и охлаждают 2-3 мин на металлической подставке, затем в эксикаторе до комнатной температуры, после чего взвешивают. Проводят контрольные сушки в течение 30 мин

каждая до тех пор, пока расхождение между двумя взвешиваниями будет не более 0,001 г. За результат принимают самую низкую массу.

Обработка результатов

Массовую долю внешней влаги (W_{ex}), влаги воздушно-сухого топлива (W_h) и аналитической пробы (W^a) в процентах вычисляют по формуле

$$W = \frac{m_1}{m} \cdot 100$$

где m_1 - потеря массы при сушке навески, г;

m - масса навески пробы топлива, г.

Результаты вычисляют с точностью до 0,1 %.

Определение общей влажности

Методика испытаний.

Определение общей влаги может производиться как сумма внешней влаги и влаги воздушно-сухого топлива (двухступенчатый способ).

Пробу и контейнер взвешивают с точностью до 0,1 % (при крупности зерен менее 3 мм). Взвешивают сухой пустой противень, размещают пробу возможно плотнее, приблизительно 1 г угля на 1 см² поверхности. Контейнер с влажной пробой, прилипшей к нему, высушивают при нагревании, затем переносят оставшуюся пробу на противень и взвешивают сухой пустой контейнер. Противень с пробой помещают в сушильный шкаф, нагретый до температуры 105-110 °С. Нагревают противень с пробой угля до постоянной массы, взвешивая в горячем состоянии для предотвращения в абсорбции влаги во время охлаждения. Требуемое время 3-6 ч или более, в зависимости от размера частиц угля.

Обработка результатов

Массовую долю общей влаги (W_t) в процентах вычисляют по формулам:

а) при сушке на противне

$$W_t = \frac{(m_1 - m_2) + (m_3 - m_4)}{m_1} \cdot 100$$

где m_1 - масса контейнера с исходной пробой, г;

m_2 - масса пустого противня, г;

m_3 - масса противня с пробой после нагревания, г;

m_4 - масса сухого пустого контейнера, г.

4. Практические занятия

4.1. Темы практических занятий

4.2. Определение теплоты сгорания топлива.

4.3. Определение состава рабочего топлива.

4.4. Определение низшей теплоты сгорания каменного угля.

4.5. Определение низшей теплоты сгорания газа.

4.6. Определение количества воздуха, необходимое для сгорания природного газа.

4.7. Расчёт расхода топлива для котельной установки.

4.8. Определение конечного объёма воздуха (V_2) при изменении избыточного давления.

4.9. Определение абсолютного давления (P) газа в цилиндре после его расширения.

4.10. Определение изменения плотности кислорода, если процесс протекал при $t = \text{const}$.

4.11. Определение плотности воздуха.

4.12. Определение технического КПД цикла.

4.13. Определение изменения энтропии и конечной температуры кислорода.

4.14. Определение количества тепла, проходящего в 1 час через 1 м² плоской стенки.

4.2. Примеры решения типовых задач

4.2.1. Пример для задач по разделу «Топливо»

Условие задачи:

Определить низшую теплоту сгорания каменного угля следующего состава:

$$C^p = 80\%; H^p = 6,0\%; O^p = 3,0\%; S^p = 1,0\%; A^p = 6,0\%; W^p = 4,0\%$$

Решение:

Для решения задачи используем уравнение Д.И. Менделеева.

$$Q_{н}^p = 4,187 [81 \cdot 80 + 300 \cdot 6 - 26(3 - 1) - 6(4 + 9 \cdot 6)] = 32682 \text{ кДж/кг}$$

4.2.2. Пример для задач по разделу «Техническая термодинамика»

Условие задачи:

Газ находится в цилиндре под избыточным давлением $P' = 98,07 \text{ кПа}$; барометрическое давление равно $73,327 \text{ кПа}$. При изотермическом расширении газ увеличил свой объём в 3 раза. Определить абсолютное давление P газа в цилиндре после его расширения.

Решение:

Начальное абсолютное давление P_1 в цилиндре равно:

$$P_1 = P' + P_{\text{атм}},$$

Конечное абсолютное давление P_2 газа в цилиндре, по закону Бойля – Мариотта определится по формуле:

$$P_2 = P_1 V_1 / V_2 = V_1 / V_2 (P' + P_{\text{атм}}) ; \quad P_2 = 1/3 (98,07 + 73,327) = 57,13 \text{ кПа}.$$

4.2.3. Пример для задач по разделу «Теплопередача».

Условие задачи:

Определить количества тепла, проходящего в 1 час через 1 м^2 плоской стенки толщиной $S = 345 \text{ мм}$, выложенной из шамотного кирпича. Температура внутренней поверхности стенки $t_1 = 1250 \text{ }^\circ\text{C}$, наружной $t_2 = 150 \text{ }^\circ\text{C}$.

Решение:

5. Тестовый контроль

1. Первый промежуточный контроль (первая контрольная точка).

- 1.1. По каким признакам классифицируется топливо?
- 1.2. Основные теплотехнические характеристики топлива.
- 1.3. Какое топливо называют условным?
- 1.4. Что называют теплотой сгорания топлива?
- 1.5. Какие элементы входят в состав топлива?
- 1.6. В чём различие между высшей и низшей теплотой сгорания топлива?
- 1.7. Что такое энергия?
- 1.8. В чём различие между идеальным и реальным газом?
- 1.9. Какие величины определяют состояние рабочего тела?
- 1.10. В чём различие между теплотой и температурой?
- 1.11. Что называется термодинамическим процессом?
- 1.12. Какие процессы рассматривает термодинамика?
- 1.13. Какой физический смысл имеет газовая постоянная?
- 1.14. Что называют нормальными физическими условиями?
- 1.15. Почему изобарная теплоёмкость больше изохорной на величину газовой постоянной?
- 1.16. Что такое внутренняя энергия?
- 1.17. Первый закон термодинамики?

1.18. Что значит теплота и работа процесса?

2. Второй промежуточный контроль (вторая контрольная точка).

- 2.1. Что такое термодинамический цикл?
- 2.2. Что значит прямой и обратный процесс?
- 2.3. Что характеризует термический КПД?
- 2.4. Почему термический КПД всегда меньше единицы?
- 2.5. Какую закономерность раскрывает цикл Карно?
- 2.6. Формулировки второго начала термодинамики.
- 2.7. Особенности процесса парообразования.
- 2.8. Как изменяется температура пара в процессе конденсации?
- 2.9. Изобразите процессы парообразования в I-S диаграмме.
- 2.10. Как определить работу пара в адиабатном процессе на диаграммах?
- 2.11. Как определить теплосодержание пара?
- 2.12. Что такое точка росы?
- 2.13. Что такое относительная влажность?
- 2.14. Что такое влагосодержание?
- 2.15. Чем отличается цикл Ренкина от цикла Карно?
- 2.16. Как определяется КПД цикла Ренкина?
- 2.17. Уравнение теплового баланса?
- 2.18. Коэффициент теплопередачи и как он определяется?
- 2.19. Преимущества противоточного движения теплоносителей перед прямоточным.
- 2.20. Расчёт потери тепла через многослойную стенку.

6. Список экзаменационных вопросов

7. Твёрдое топливо. Виды и теплофизические характеристики.
8. Жидкое топливо. Виды и теплофизические характеристики.
9. Газообразное топливо. Природный газ и его преимущества по сравнению с другими видами топлива. Теплофизические характеристики природного газа.
10. Классификация топлива. Химический состав топлива.
11. Теплота сгорания топлива.
12. Формула Менделеева. Формула Дюлонга.
13. Определение количества кислорода для сжигания топлива.
14. Определение коэффициента избытка воздуха.
15. Определение количества и состав продуктов горения топлива.
16. Определение температуры горения топлива.
17. Определение идеального газа.
18. Рабочее тело и параметры его состояния.
19. Закон Бойля – Мариотта.
20. Закон Шарля.
21. Закон Гей – Люссака.
22. Уравнения состояния идеального газа. Удельная газовая постоянная. Физический смысл удельной газовой постоянной. Универсальная газовая постоянная.
23. Основные понятия газовой смеси. Свойства смеси.
24. Определение теплоёмкости. Средняя и истинная теплоёмкость.
25. Теплоёмкость газовой смеси.
26. Равновесное и неравновесное состояние системы. Обратимость процесса.

27. Внутренняя энергия системы. Работа и количество теплоты, рассматриваемые в термодинамике.
28. Определение первого начала (закона) термодинамики.
29. Теплоёмкость при постоянном давлении. Теплоёмкость при постоянном объёме.
30. Определение энтальпии.
31. Определение энтропии.
32. Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа при постоянном удельном объёме.
33. Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа при постоянном удельном давлении.
34. Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа при постоянной температуре.
35. Адиабатный процесс.
36. Политропный процесс.
37. Круговой процесс. Полезная работа. Термический К.П.Д.
38. Цикл Карно. Цикл Карно. Термический К.П.Д.
39. Сущность второго начала термодинамики.
40. Процесс парообразования. Испарение. Кипение. Перегретый пар. Паросодержание насыщенного пара.
41. Циклы паросиловой установки. Цикл Ренкина.
42. Теплопередача. Основные понятия.
43. Теплопроводность. Основные понятия..
44. Конвективный теплообмен. Основные понятия.
45. Свободное и вынужденное движение жидкости.
46. Теплообмен излучением. Основные понятия.
47. Закон Кирхгофа.
48. Закон Стефана – Больцмана.
49. Теплопередача и понятие о теплообменных аппаратах.

7. Учебно- методическое обеспечение дисциплины

1. Основная литература
 - 1.1. Фокин В.М, Бойков Г.П, Видин Ю.В. Основы технической теплофизики, 2008 г.
 - 1.2. Кирилин В.А. Техническая термодинамика. Издательский дом МЭИ, 2008. 496 с.
 - 1.3. Смирнов М.В. Теоретические основы теплотехники. Изд. Ин-Фомо, 2010.
 - 1.4. Апкарьян А.С. Учебное пособие по теплофизике. Томск, изд-во ТУСУРа, 2012 г. 90 стр.
- 12.2 Дополнительная литература
 1. Академия, 2010 -557(3)с. Наличие в библиотеке ТУСУРА – 18 экз.
 2. Л. Д. Гинзбург, М. З. Зарипов, 2-е изд., Энергоатомиздат, 1990-223(1)с. Справочное пособие по технике безопасности.
 3. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий. 2009.144 с. ISBN Трофимова Т.И. Курс общей физики, Учебное пособие для вузов, 18-е изд, М – 5-93630-710-2
 4. ГЭСНп-2001-07. Теплоэнергетическое оборудование. 2009.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лабораторные работы должны проводиться в специально отведённых помещениях - лабораториях, обеспеченных горячим и холодным водоснабжением, канализацией, вентиляцией, противопожарной сигнализацией, средствами пожаротушения и аптечкой первой помощи.

Для проведения лабораторных работ необходимо иметь:

6. Аналитические (рычажные) весы.
7. Ёмкость для жидкости (ёмкость 2 литра).
8. Рекуператорная установка.
9. Муфельная или камерная печь с минимальной температурой внутри рабочего канала 600 ° С.
10. Термопара (хромель - алюмелевая)
11. Потенциометр (Т_{мах} не менее 600° С)
12. Приборы для измерения давления
13. Приборы для измерения температуры
14. Диаграммы Р-S, Т-S, I-S
15. Шкафы сушильные электрические с терморегулятором, обеспечивающие устойчивую температуру нагрева от 105 до 110°С, с отверстиями для естественной вентиляции или установкой для обмена воздуха или азота.
16. Шкафы сушильные для подсушивания проб с электрическим или газовым обогревом, с регулированием температуры от 40 до (50±5)°С естественной или искусственной вентиляцией или с обменом нагретого азота.
17. Термометр ртутный до 120°С с ценой деления шкалы 1°.
18. Бюксы стеклянные или алюминиевые с крышками для определения влаги в лабораторной или аналитической пробе. Диаметры бюкс должны быть такими, чтобы на 1 см² поверхности приходилось не более 0,15 г топлива для аналитической пробы массой около 1 г или 0,30 г для 10 г лабораторной пробы крупностью менее 3 мм.
19. Противни из неокисляющегося металла для подсушивания проб.
20. Эксикаторы, наполненные свежепросушенным силикагелем или другими высушивающими веществами.
21. Весы с погрешностью взвешивания не более 0,2 мг.
22. Тигли, лодочки для сжигания из кварца, фарфора или платины, глубиной от 8 до 15 мм № 1, 2, 3 по [ГОСТ 9147](#) и ГОСТ 19908
Термопреобразователь для измерения температуры до 1000 °С по ГОСТ 3044 с измерительным устройством.
23. Термопара для измерения температуры до 1000°С.
24. Щипцы тигельные.
25. Тигли низкие 5 и 6, тигли высокие 4, 5, чаши выпарительные 2, 3, 4, 5 по [ГОСТ 9147](#); тигли и чаши фарфоровые, применяют до нарушения глазури на внутренней поверхности.
26. Плитка электрическая или песчаная баня, или колбонагреватель.
27. Фильтры обеззоленные бумажные диаметром 9 - 11 см с известной массой золы одного фильтра.
28. Асбест листовой толщиной 3 - 5 мм.
29. Весы общего назначения с наибольшим пределом взвешивания 200 г и погрешностью взвешивания не более 0,0002 г; с наибольшим пределом взвешивания 500 г и погрешностью взвешивания не более 0,01 г;
30. Кислота соляная по ГОСТ 3118, разбавленная водой в соотношении.
31. Аммоний азотнокислый, 10 %-ный водный раствор.
32. Вода дистиллированная по [ГОСТ 6709](#).
33. Толуол по [ГОСТ 14710](#) или по ГОСТ 5789.
34. Спирт изопропиловый.

35. Экран трехстворчатый, окрашенный с внутренней стороны черной краской, с секциями шириной (46 ± 1) см и высотой (60 ± 5) см или щит высотой 55 - 65 см из листовой кровельной стали, окрашенный с внутренней стороны черной краской
36. . Секундомер любого типа.
37. Барометр ртутный или барометр-анероид с погрешностью измерения не более 0,1 кПа.
38. . Бумага фильтровальная лабораторная по [ГОСТ 12026](#)
39. . Пипетка.
40. . Щетка металлическая.
41. Бензин-растворитель с пределами выкипания от 50 до 170 °С или нефрас С50/170 по ГОСТ 8505.
42. Осушающие реагенты (обезвоженные): натрий сернокислый безводный по ГОСТ 4166 или натрий сернокислый технический по ГОСТ 6318, или кальций хлористый технический по [ГОСТ 450](#), или натр
43. Изоляционная пластина из кварца толщиной 6 мм или аналогичное приспособление, размер которого позволяет легко вводить его в муфельную печь.

Зав кафедрой
Составитель
Лектор

В.И.Туев
А.С.Апкарьян
А.С.Апкарьян