

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ «БЕЛЭНЕРГО»
УО «МИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
КОЛЛЕДЖ»

УТВЕРЖДАЮ
Директора «МЕЭК»
 20 24 г.

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Методические указания по выполнению домашней контрольной работе
для обучающихся заочной формы получения образования

5-04-0712-05 «Техническая эксплуатация оборудования»
(шифр и название специальности)

Разработал преподаватель _____ Плеско Ю.П.
(подпись) (ФИО)

Рассмотрено и одобрено на заседании цикловой комиссии
специальных теплотехнических предметов

_____ (наименование цикловой комиссии)

Протокол № 11 от 20.06.2024 г.

Председатель цикловой комиссии _____ Плеско Ю.П.
(подпись) (ФИО)

Согласовано _____ О.В. Каркорина
Методист колледжа (подпись) (ФИО)

Заведующий заочным отделением _____ А.А. Чухов
(подпись) (ФИО)

Содержание

1 Пояснительная записка.....	3
2 Краткое содержание программы.....	6
3 Методические указания по выполнению домашней контрольной работы	11
4 Задания для домашних контрольных работ	17
5 Оценка результатов учебной деятельности при выполнении домашней контрольной работы.....	25
Литература	26

1 Пояснительная записка

Методические указания по изучению учебного предмета «Теплотехнические измерения» и выполнению домашней контрольной работы разработаны в соответствии с образовательным стандартом среднего специального образования для специальности 5-04-0712-05 «Техническая эксплуатация оборудования».

Цели изучения учебного предмета «Теплотехнические измерения»:

обучающая:

– формирование основных знаний и навыков в области методов измерения теплотехнических параметров;

– формирование знаний современными техническими средствами измерения, используемые для ведения технологических процессов теплоэнергетического оборудования ТЭС, АЭС и промышленных предприятий;

– формирование умений проводить измерения, наблюдения и анализа проведенных измерений;

воспитательная:

– формирование стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства;

– формирование убеждений социальной значимости своей будущей профессии;

развивающая:

– способствовать развитию умения выделять главное, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения;

– способствовать профессиональному и личностному развитию (самостоятельно работать, осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач).

Изучение программного учебного материала базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных обучающимися в ходе изучения таких учебных предметов, как «Химия», «Физика», «Математика», «Электротехника», «Электроника», «Гидравлика и насосы», «Теоретические основы теплотехники».

Знания, полученные при изучении данного учебного предмета, будут использованы в процессе изучения следующих учебных предметов: «Котельные установки ТЭС», «Автоматизация тепловых процессов», «Водоподготовка и очистка сточных вод».

В процессе преподавания учебного предмета необходимо знакомить обучающихся с современными отечественными и зарубежными достижениями в области измерительной техники, следует прививать обучающимся навыки рациональной учебной деятельности, работы со справочной литературой, технической документацией. При изложении учебного материала необходимо соблюдать единство терминологии и обозначений в соответствии с действующими стандартами, Международной системой единиц измерений. Для обеспечения должного уровня подготовки специалистов в процессе изучения учебного предмета рекомендуется использовать технические, электронные средства обучения, плакаты, схемы, техническую нормативную документацию, справочные материалы и т. п.

Для закрепления теоретического материала и формирования у обучающихся необходимых умений и навыков программой предусмотрено проведение лабораторных работ.

Для контроля усвоения программного учебного материала предусмотрено выполнение домашней контрольной работы, тематика и перечень вопросов определяется цикловой комиссией учреждения образования.

В результате изучения учебного предмета «Теплотехнические измерения» обучающиеся должны приобрести соответствующие знания и умения:

на уровне представления:

- 1) перспективы развития измерительной техники;
- 2) основные сведения о теплотехнических измерениях;

на уровне понимания:

- 1) единицы измерения физических величин;
- 2) основные виды средств измерений;
- 3) основные термины и определения метрологических показателей средств измерения;
- 4) классификацию приборов для измерения температуры, давления, количества и уровня жидкости и сыпучих тел, приборов для измерения состава газов, воды, пара;
- 5) устройство, принцип действия, характеристики и область применения типовых измерительных приборов для измерения теплотехнических и физико-химические параметров контроля;
- 6) методику определения погрешностей измерения и средств измерений;
- 7) требования ТНПА по поверке средств измерений;
- 8) меры безопасности при проведении метрологических измерений;

уметь:

- 1) пользоваться теплотехническими приборами с учетом требований безопасности труда;
- 2) определять значение измеряемой величины и показателей точности измерений;
- 3) обрабатывать и анализировать результаты измерений;
- 4) пользоваться справочной литературой, персональной вычислительной техникой.

В методических указаниях учебного предмета «Теплотехнические измерения» приведены примерные критерии оценки результатов учебной деятельности обучающихся по учебному предмету, разработанные на основе десятибалльной шкалы и показателей оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях, обеспечивающих получение среднего специального образования.

2 Краткое содержание программы

Учебный предмет «Теплотехнические измерения» изучается в соответствии с учебным планом и программой в количестве **60** часа.

Введение. Цели и задачи учебного предмета, ее характеристика и связь с другими предметами.

Раздел 1 Общие сведения о теплотехнических измерениях и метрологии. Основные принципы теплотехнических измерений.

Тема 1.1 Понятие об измерении. Единицы физических величин.

Тема 1.2 Классификация измерений. Метрологические характеристики средств измерения.

Тема 1.3 Классификация средств измерения.

Тема 1.4 Основные элементы и обобщенные структурные схемы.

Тема 1.5 Основные сведения о погрешностях измерения.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое измерение?
2. Что такое прямое и косвенное измерение?
3. Основные методы измерений. В чем заключается их сущность?
4. Что такое измерительный прибор?
5. Какая установка называется измерительной?
6. Какими видами погрешностей характеризуются средства измерения?
7. Объясните причины возникновения погрешностей.
8. Перечислите основные единицы измерений.
9. Основные технические характеристики средств измерения.
10. Что такое класс точности средства измерения?
11. Перечислите основные элементы средства измерения.

Раздел 2. Измерение температуры

Тема 2.1 Основные сведения о температуре и температурных шкалах.

Тема 2.2 Классификация приборов измерения температуры.

Тема 2.3 Термометры расширения. Манометрические термометры.

Тема 2.4 Термоэлектрические термопреобразователи.

Тема 2.5 Термопреобразователи сопротивления.

Тема 2.6 Вторичные приборы для измерения температуры.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое температура?
2. Какие температурные шкалы вы знаете?
3. Какие термометры относятся к термометрам расширения?
4. Какого типа манометрические термометры используются при измерении температур?
5. Опишите конструкцию и принцип работы манометрического газового термометра.
6. К какому типу термометров относятся биметаллические и дилатометрические термометры?
7. Перечислите стандартные типы ТЭП. Для каких температурных диапазонов измерения они предназначены?
8. Какие вторичные приборы используются совместно с ТЭП? Опишите принцип их действия.
9. Какие термометры сопротивления и их градуировки вам известны?
10. Какие вторичные приборы используются совместно с термопреобразователями сопротивления? Опишите принцип их действия.

Раздел 3. Измерение давления и разряжения

Тема 3.1 Единицы измерения давления. Виды давления.

Классификация приборов для измерения давления

Тема 3.2 Жидкостные стеклянные манометры.

Тема 3.3 Электроконтактные манометры.

Тема 3.4 Деформационные манометры

Тема 3.5 Грузопоршневые манометры. Дифференциальные манометры.

Тема 3.6 Первичные измерительные преобразователи давления

Классификация измерительных преобразователей давления

Тема 3.7 Измерительные преобразователи: тензорезисторные; пьезоэлектрические; емкостные

Вопросы для самоконтроля:

1. Объясните физическую сущность давления. Какие виды давления вам известны?
2. В каких единицах измеряется давление?
3. Какие приборы для измерения давления вы знаете?
4. Каков принцип действия U-образного манометра?
5. Перечислите основные характеристики упругих чувствительных элементов.
6. Перечислите электроконтактные приборы давления и укажите их назначение.
7. Для чего предназначаются дифференциальные манометры? Какие их типы вам известны?
8. Какие современные преобразователи давления вам известны?

Раздел 4. Измерение расхода, количества, уровня

Тема 4.1 Методы измерения расхода и количества вещества. Классификация средств измерения расхода.

Тема 4.2 Расходомеры переменного перепада давления. Стандартные СУ. Расходомеры постоянного перепада давления.

Тема 4.3 Электромагнитные, вихревые расходомеры. Ультразвуковые, тахометрические расходомеры.

Тема 4.4 Основные определения. Классификация приборов для измерения уровня. Поплавковые и гидростатические уровнемеры.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие приборы относятся к расходомерам переменного перепада давления?
2. Какие единицы применяются при измерении расхода и количества вещества?
3. Какие сужающие устройства применяются при измерении расходов?

4. Покажите конструкцию. К какому типу расходомеров трубки Пито может быть отнесена?
5. Какие приборы относятся к расходомерам обтекания?
6. Какой тип уровнемеров может быть использован для измерения уровня?
7. В каких технологических объектах измерение уровня является одним из основных измерений?
8. Для чего используются уравнильные сосуды при измерении уровня жидкостей с помощью дифманометров- уровнемеров?

Раздел 5. Определение качества воды и пара

Тема 5.1 Классификация приборов определения качества воды и пара.

Тема 5.2 Прибор определение содержания —кондуктометр.
Кислородомеры.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте классификацию приборов определения качества воды и пара.
2. Поясните принцип действия кондуктометр.
3. Какие средства применяют для определения содержания растворенного в воде кислорода?

Раздел 6. Анализ уходящих газов

Тема 6.1 Измерение состава газов. Назначение контроля уходящих газов на электрической станции. Классификация газоанализаторов.

Тема 6.2 Термомагнитные и хроматографические газоанализаторы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте классификацию средств измерений состава газов.
2. Какие компоненты газовой смеси измеряются для контроля топочных процессов на электростанциях, в промышленных и отопительных котельных?
3. Опишите работу хроматографических газоанализаторов.
4. Поясните принцип действия термомагнитных газоанализаторов.

Раздел 7. Специальные измерения.

Тема 7.1 Назначение и классификация СИ специальных измерений.

Тема 7.1 Классификация приборов для измерения количества тепла.

Тепловычислители и счетчики тепла.

Тема 7.2 Схемы теплотехнического контроля.

Вопросы для самоконтроля:

1. Покажите схему теплового счетчика.
2. Объясните принцип работы теплового счетчика.
3. Перечислите методы предназначенных для измерения влажности воздуха и газов.
4. Каковы функции схемы теплотехнического контроля?
5. Какими буквами обозначаются теплотехнические параметры на схемах?

УО 'МШЭЖ'

3 Методические указания по выполнению домашней контрольной работы

Введение.

Данная тема является вводной и должна дать понятие о значимости данной учебного предмета, о роле и месте измерительной техники в системе технологических измерений в производстве тепловой энергии.

Раздел 1 Общие сведения о теплотехнических измерениях и метрологии. Основные принципы теплотехнических измерений.

При изучении раздела необходимо обратить внимание на понятия об измерениях, единицы измерения физических величин. Знать основные метрологические понятия и характеристики средств измерений, основные виды и методы измерений. Знать классификацию средств измерений. Виды погрешностей измерений и их выражение, понятие класса точности прибора.

[1],(с. 47-73);[2],(с. 9-33);[4],(с. 4-33).

Раздел 2. Измерение температуры.

При изучении раздела следует уделить внимание изучению температурных шкалах и методам измерения температуры. Знать классификацию приборов для измерения температуры. Необходимо уделить внимание изучению датчиков и вторичных приборов для измерения температуры: принцип действия; типы; конструкция; область применения.

Научится вводить поправку на показания термоэлектрического преобразователя, определять действительную температуру ТЭП и определять сопротивление термометра сопротивления.

[1], (с. 183-209);[2],(с. 34-107); [4],(с. 38-84).

Пример 1

Введите поправку в показания термоэлектрического термометра типа ТПП и определите температуру рабочего конца ТЭП(температуру среды), если известно, что измеренная термо-ЭДС равна 3,75 мВ, а температура свободных концов 32 °С.

Решение:

Определим по таблице 2-9 [5, с. 94] термо-ЭДС – поправку на температуру температура свободных концов при $t=32\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$E(32\text{ }^{\circ}\text{C}, 0\text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,299 - \frac{0,299 - 0,143}{50 - 25} \cdot (50 - 32) = 0,187\text{ мВ}.$$

Введем поправку к показанию термоэлектрического термометра, определив термо-ЭДС термометра с учетом поправки:

$$E_{AB}(t, 0^{\circ}\text{C}) = E_{AB}(t, t_0^I) \pm E_{AB}(t_0^I, 0^{\circ}\text{C}),$$

где $E_{AB}(t, t_0^I)$ – измеренная термо-ЭДС, равна 3,75 мВ;

$E_{AB}(t_0^I, 0^{\circ}\text{C})$ – поправку на температуру температура свободных концов, равна 0,187 мВ.

$$E_{AB}(t, 0^{\circ}\text{C}) = 3,75 + 0,187 = 3,937\text{ мВ}.$$

По таблице 2-9[5] определяем температуру рабочего конца ТЭП:

$$t = 475 - \frac{475 - 450}{3,971 - 3,730} \cdot (3,971 - 3,937) = 471,47^{\circ}\text{C}.$$

Пример 2

Термометр сопротивления градуировки 50 М при температуре $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ имеет сопротивление $R_{100}=71,39\text{ Ом}$. Определите сопротивление термометра при температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Укажите сопротивление термометра при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и материал чувствительного элемента.

Решение:

Материал чувствительного элемента градуировки 50 М: М (Cu) - медь. Сопротивление термометра при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ $R_0=50\text{ Ом}$.

Необходимо определить температурный коэффициент электрического сопротивления по формуле:

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \cdot 100},$$

$$\alpha = \frac{71,39 - 50}{50 \cdot 100} = 4,278 \cdot 10^{-3}\text{ К}^{-1}.$$

Сопротивление R_{25} медного термометра при температуре $t=25^{\circ}\text{C}$, определяется по формуле:

$$R_{25} = R_0(1 + \alpha \cdot t) = 50(1 + 4,278 \cdot 10^{-3} \cdot 25) = 55,35\text{ Ом}.$$

Раздел 3. Измерение давления и разряжения.

При изучении раздела следует понять физический смысл давления. Уделить внимание изучению видов давления и единиц измерения в системе СИ, а также способам перевода единиц измерения давления из одной системы в другую. Знать классификацию приборов давления. Необходимо уделить внимание изучению приборов для измерения давления: принцип действия; конструкция; область применения прибора. Особое внимание следует обратить на приборы с дистанционной передачей показаний, позволяющие получать выходной унифицированный сигнал. Необходимо научиться выполнять перевод единиц измерения давления из одной системы в другую. Определять действительное измеряемое давление.

[1],(с.157; 163-166); [2],(с. 169-213); [3], (с. 21-28);[4],(с. 113-141).

Пример 3

В U-образном манометре с водяным заполнением внутренние диаметры трубок соответственно равны 8 и 8,3 мм. При измерении давления в первой трубке уровень переместился на 204 мм. Измеряемое давление считалось равным 4 кПа. Определите действительное измеряемое давление.

Решение:

Так как это сообщающиеся сосуды то из первой трубки во вторую перетекает вода в объеме равном (в объемных единицах):

$$V = \frac{\pi d_1^2}{4} \cdot h_1 = \frac{\pi d_2^2}{4} \cdot h_2.$$

Определим, насколько переместился уровень воды во второй трубке:

$$h_2 \cdot d_2^2 = h_1 \cdot d_1^2 \text{ или}$$

$$h_2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \cdot h_1 .$$

$$h_2 = \left(\frac{8 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 10^{-3}}\right)^2 \cdot 0,204 = 0,1895\text{м.}$$

Следовательно, действительное измеряемое давление:

$$p = (h_1 + h_2) \cdot \rho \cdot g.$$

$$p = (0,204 + 0,1895) \cdot 1000 \cdot 9,81 = 3,86 \text{ кПа.}$$

Раздел 4. Измерение расхода, количества, уровня.

При изучении раздела следует уяснить физический смысл понятий «расход», «количество вещества». Уделить внимание изучению единиц измерения расхода в СИ, классификации приборов измерения расхода, количества и уровня. Необходимо уделить внимание изучению приборов для измерения расхода и уровня: принцип действия; конструкция; область применения прибора. Существенное внимание необходимо уделить на изучение расходомеров переменного перепада давления и на гидростатические уровнемеры, имеющие выходной унифицированный сигнал.

[1],(с.178-181); [2],(с. 218-255); [2],(с. 260-232);[4],(с. 143-205).

Пример 4

Произвести расчет шкалы вторичного прибора дифманометра, работающего с двухкамерным уравнительным сосудом для измерения уровня в барабане парового котла при следующих исходных данных: рабочее давление в котле 5 МПа, а шкала вторичного прибора составляет $N = \pm 500$ мм.

Решение:

При заданном рабочем давлении температура в котле составит $262,7^\circ\text{C}$ (по справочным данным), а плотность воды и пара для этих условий соответственно будет равна $\rho' = 782,5 \text{ кг/м}^3$ и $\rho'' = 24,9 \text{ кг/м}^3$.

Измеряемая высота столба воды в широкой части разделительного сосуда:

$$H = 2 \cdot |N| \cdot 10^{-3} = 1,0 \text{ м.}$$

В соответствии с формулой определяем Δp_n , Па:

$$\Delta P_n = 0,102 \cdot H \cdot (\rho' - \rho'') \cdot g,$$

где 0,102 - множитель для перевода ΔP_n выраженного в Па, в значение выраженное в мм.вод.ст.;

(индекс «н» - нижнем уровень воды).

$$\Delta p_n = 0.1021 \cdot 1 \cdot (782,5 - 24.9) \cdot 9.81 = 758 \text{ мм.вод.ст.}$$

Пользуясь соотношением, определяем значения перепада давлений ΔP_x для различных промежуточных точек шкалы прибора внутри диапазона измерений от $+N$ (+500 мм) до $-N$ (-500мм) определяется выражением:

$$\Delta P_x = 0,5 \cdot \Delta P_n \left(1 - \frac{\pm N_x}{|N|}\right)$$

Значение N_x в мм, берется со знаком плюс или минус. Измеряемый уровень в барабане выше среднего имеет знак плюс, а ниже среднего имеет знак минус.

Например, для отметок шкалы ± 200 мм:

$$\Delta P_{x1} = 0,5 \cdot \Delta P_n \cdot \left(1 - \frac{200}{500}\right), \text{ мм.вод.ст.};$$

$$\Delta P_{x2} = 0,5 \cdot \Delta P_n \cdot \left(1 - \frac{-200}{500}\right), \text{ мм.вод.ст.}$$

Раздел 5. Определение качества воды и пара.

При изучении раздела следует уделить внимание изучению классификации приборов для определения качества воды, пара, конденсата. Существенное внимание необходимо уделить методу измерения содержания кислорода, растворенного в питательной воде. Изучить кондуктометр для измерения удельной электропроводности пара, питательной воды, конденсата.

[2],(с. 383-389); [4],(с. 207-221).

Раздел 6. Анализ уходящих газов.

При изучении раздела следует иметь представление о физических свойствах веществ, основных положениях контроля состава дымовых газов. Уделить внимание изучению классификации газоанализаторов. При изучении термомагнитного, хроматографического, электрохимического газоанализатора необходимо знать: назначение, принцип действия и конструкцию газоанализатора.

[2],(с. 343-379); [4],(с. 331-335).

Раздел 7. Специальные измерения. Тепловычислители и счетчики тепла.

При изучении раздела следует иметь представление о теоретических основах измерения количества тепловой энергии. Знать устройства для измерения количества тепловой энергии. При изучении раздела следует иметь представление о назначении приборов для специальных измерений.

[1], (с. 328-342); [2], (с. 446); [4], (с. 290-307).

УО "МТЭК"

4 Задания для домашних контрольных работ

К выполнению заданий следует приступать после изучения соответствующих разделов учебного предмета. Каждое контрольное задание состоит из вопросов и задач.

Номер выполняемого варианта выбирается по порядковому номеру учащегося в журнале учебной группы. Работы, не соответствующие своему шифру, не рассматриваются. Отвечать на вопросы следует кратко, ясно, с привлечением необходимых формул и схем. При решении задач необходимо объяснять все принимаемые коэффициенты, величины и т.п. со ссылкой на справочную литературу. Задачи решать последовательно и полностью. Формулы, по которым ведутся вычисления, следует сначала записывать в общем виде. Иллюстрации (рисунки, схемы) служат для наглядного представления. Схемы и рисунки выполнять карандашом (если пояснительная записка выполняется рукописным способом) или на компьютере с помощью графических редакторов.

Перечень контрольных задач:

Задача 1

Рассчитать величину поправки на показания термоэлектрического преобразователя и определить температуру рабочего конца, если известно, что ТЭДС термоэлектрического преобразователя типа X равна E , а температура свободных концов равна t . Варианты индивидуальных заданий приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	Тип ТЭП	E , мВ	t , °С
1	ТМК	2,053	18
2	ТПП	3, 31	18
3	ТХК	14,95	27
4	ТХК	11,31	23
5	ТХК	15, 59	21
6	ТХК	28,96	19
7	ТХА	12,21	28
8	ТПП	14, 16	25
9	ТПР	0, 65	22
10	ТХА	13, 48	26

11	ТМК	10, 69	26
12	ТВР	6, 58	20
13	ТХК	7, 22	22
14	ТХК	28,45	29
15	ТХК	3, 13	18
16	ТХА	9, 12	18
17	ТВР	3,8	12
18	ТПП	12, 61	20
19	ТХА	24, 46	25
20	ТПР	1,048	33
21	ТХА	7,11	23
22	ТХК	18,11	32
23	ТПП	7,02	26
24	ТПР	2, 48	23
25	ТВР	4, 85	22

Задача 2

Медный термопреобразователь сопротивления имеет сопротивление R_t при температуре t . Определите его сопротивление при 100 и 150 °С. Температурный коэффициент равен $\alpha = 4,26 \cdot 10^{-3} (\text{K})^{-1}$. Варианты индивидуальных заданий приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	$t, ^\circ\text{C}$	$R_t, \text{Ом}$
1	24	58,42
2	15	56,39
3	25	58,65
4	17	56,84
5	14	56,16
6	23	58,19
7	13	55,94
8	22	57,97
9	21	57,74
10	10	55,26
11	20	57,52
12	26	58,87
13	12	55,71
14	13	52,783
15	15	53,211
16	27	59,10
17	9	55,03
18	30	59,77
19	31	60,00
20	19	57,29
21	11	48,01
22	16	48,91
23	18	49,28
24	14	105,994
25	20	108,563

Задача 3

Определить погрешность измерения давления U-образного манометра (рабочая жидкость – вода), если диаметры его трубок не равны между собой и имеют размеры d_1 и d_2 .

Измеряемое давление считалось равным P , высота столба жидкости в первой трубке изменилась на h_1 . Варианты индивидуальных заданий приведены в таблице 3.

Таблица 3- Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	$d_1, \text{мм}$	$d_2, \text{мм}$	$P, \text{кПа}$	$h_1, \text{мм}$
1	8	$d_1+0,05$	4	204
2	7	$d_1+0,5$	5	250
3	8	$d_1+0,1$	4	204
4	6	$d_1+0,15$	3	180
5	8	$d_1+0,15$	4	204
6	6	$d_1+0,11$	2	150
7	8	$d_1+0,2$	4	204
8	7	$d_1+0,35$	5	250
9	8	$d_1+0,25$	4	204
10	7	$d_1+0,3$	5	250
11	8	$d_1+0,3$	4	204
12	7	$d_1+0,25$	5	250
13	6	$d_1+0,2$	4	210
14	8	$d_1+0,4$	4	204
15	7	$d_1+0,15$	5	250
16	8	$d_1+0,45$	4	204
17	7	$d_1+0,4$	5	250
18	7	$d_1+0,45$	5	250
19	8	$d_1+0,5$	4	204
20	6	$d_1+0,5$	4	204
21	7	$d_1+0,2$	5	250
22	8	$d_1+0,35$	4	204
23	6	$d_1+0,11$	3	210
24	7	$d_1+0,1$	5	250
25	7	$d_1+0,05$	5	250

Задача 4

Произвести расчет шкалы вторичного прибора дифманометра для отметки шкалы ΔP_x , работающего с двухкамерным уравнительным сосудом для измерения уровня в барабане парового котла при следующих исходных данных: рабочее давление в котле P , а шкала вторичного прибора составляет N . Варианты индивидуальных заданий приведены в таблице 4.

Таблица 4- Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	$N, \text{мм}$	$P, \text{МПа}$	$\Delta N_x, \text{мм}$
1	± 500	4,5	-100
2	± 400	4,5	+100
3	± 300	4,5	+100
4	± 300	4,5	+200
5	± 500	4,5	-200
6	± 400	4,5	+300
7	± 300	4,5	-200
8	± 500	4,5	+400
9	± 400	4,5	-300
10	± 300	4,5	-100
11	± 500	5,5	+300
12	± 400	5,5	-200
13	± 300	5,5	+100
14	± 300	5,5	+200
15	± 500	5,5	-400
16	± 400	5,5	+100
17	± 300	5,5	-100
18	± 500	5,5	+200
19	± 400	5,5	-100
20	± 300	5,5	+300
21	± 600	4,5	-100
22	± 600	4,5	+100
23	± 600	6,5	+300
24	± 600	5,5	+400
25	± 600	6,5	+500

Перечень контрольных вопросов

Ответить письменно на контрольные вопросы, указанные в таблице 5 в соответствии со своим вариантом.

Таблица 5-Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	Номер вопроса		
	1	2	3
1	1	32	52
2	2	31	51
3	11	27	38
4	5	22	45
5	1	10	41
6	20	37	53
7	6	21	49
8	9	29	56
9	10	28	46
10	17	33	55
11	12	25	57
12	8	16	39
13	13	48	59
14	7	19	54
15	4	23	43
16	15	26	47
17	14	35	42
18	18	24	58
19	3	36	44
20	12	24	60
21	9	15	48
22	6	17	26
23	7	21	56
24	11	20	42
25	1	27	39

1. Виды и методы измерений.
2. Основные сведения о метрологических характеристиках средств измерений.
3. Погрешности измерений и их выражение.
4. Допустимая погрешность измерения и класс точности прибора.
5. Охарактеризуйте основные виды средств измерений.
6. Классификация измерительного прибора.
7. Классификация измерительного преобразователя.

8. Общие сведения о температуре и температурных шкалах.
9. Классификация приборов для измерения температуры.
10. Термометры расширения, их свойства, принцип действия и область применения.
11. Манометрические термометры, их устройство и принцип действия.
12. Охарактеризуйте основные свойства термоэлектрических термометров и их конструктивное оформление.
13. Принцип измерения термо-ЭДС милливольтметром.
14. Принцип компенсационного метода измерения термо-ЭДС.
15. Типы, градуировки, устройство стандартных термоэлектрических преобразователей.
16. Опишите способы введения поправки на температуру свободных концов термоэлектрического преобразователя.
17. Принцип измерения термо-ЭДС автоматическим потенциометром.
18. Термопреобразователи сопротивления, их основные свойства и принцип действия.
19. Типы, градуировки и конструкции термопреобразователей сопротивления.
20. Дайте полную характеристику и конструкцию медных термометров сопротивления.
21. Схемы подключения термопреобразователей сопротивления к вторичному прибору.
22. Измерение температуры тел по их излучению. Общие понятия и законы теплового излучения нагретых тел.
23. Пирометры излучения, их типы, достоинства и недостатки.
24. Термоэлектродные (компенсационные) провода – основные типы и область применения.
25. Расскажите о схемах включения термоэлектрических термопреобразователях.

26. Вторичные приборы, применяемые с термопреобразователями сопротивления, их типы и принцип действия.
27. Принцип действия и устройство логометра.
28. За счет чего происходит уравнивание электрических моментов в логометре?
29. Уравновешенные измерительные мосты.
30. Автоматические уравновешенные мосты.
31. Объясните физическую сущность давления. Виды давления. Единицы измерения давления.
32. Классификация приборов для измерения давления.
33. Жидкостные приборы для измерения давления, их типы и принцип действия.
34. Электроконтактные манометры.
35. Деформационные манометры. Типы упругих чувствительных элементов деформационных манометров – основные характеристики.
36. Пружинные приборы - принцип действия, схема и работа.
37. Манометры с тензопреобразователями, их типы и принцип действия.
38. Пьезоэлектрические преобразователи давления.
39. Манометры с емкостными преобразователями
40. Назначение дифференциальных манометров, их типы и принцип действия.
41. Напоромеры, тягомеры, тягонапоромеры, их типы, устройство и принцип действия
42. Классификация расходомеров по принципу действия. Единицы измерения расхода и количества вещества.
43. Измерение расхода жидкостей, газа и пара по перепаду давления на сужающем устройстве.
44. Тахометрические расходомеры.
45. Расходомеры постоянного перепада давления.
46. Ультразвуковые расходомеры.

47. Вихревые расходомеры.
48. Электромагнитные расходомеры.
49. Методы измерения уровня жидкости и сыпучих тел. Классификация приборов для измерения.
50. Поплавковый и буйковый указатель уровня.
51. Гидростатические уровнемеры. Измерение уровня жидкости в открытых баках, аппаратах и резервуарах.
52. Теплосчетчики.
53. Основные положения контроля состава дымовых газов. Классификация газоанализаторов, область их применения, устройство, принцип действия.
54. Поясните принцип действия термомагнитных газоанализаторов.
55. Хроматографические газоанализаторы.
56. Методы определения качества воды и пара.
57. Кондуктометры для измерения удельной электропроводности пара, питательной воды, конденсата.
58. Методы измерения содержания кислорода, растворенного в питательной воде.
59. Устройства для измерения количества тепловой энергии.
60. Типы, конструкции и принцип действия теплосчетчиков.

5 Оценка результатов учебной деятельности при выполнении домашней контрольной работы

По результатам выполненной домашней контрольной работы выставляется отметка «зачтено». Отметка «не зачтено» выставляется, если в контрольной работе не раскрыты теоретические вопросы, задания, или ответы на них полностью переписаны из учебной литературы, без адаптации к конкретному заданию, если имеются грубые ошибки в решении задач, выполнении графического задания.

Результат выполнения домашней контрольной работы	Оценка результатов учебной деятельности
Работа выполнена не в полном объеме или не соответствует заданию и т.д. Допущены существенные ошибки, не раскрыты теоретические вопросы (основные понятия, формулировки, отсутствует описание или объяснение схемы прибора; неполное описание классификации приборов и т. д.), если имеются грубые ошибки в решении задач (неверно или неполно произведен расчет, имеются ошибки в расчетных зависимостях, неверно указано значение из справочной литературы).	Не зачтено
Работа выполнена в полном объеме и соответствует заданию и т.д. Допущены несущественные ошибки, не искажающие сути вопроса, такие как нарушена логическая последовательность изложения ответа и (или) если ответы даны на все вопросы задания и в каждом ответе изложено не менее 75% материала от необходимого по данному вопросу.	Зачтено

Литература

Основная:

1. Средства измерений: учебник для студ. сред. проф. учеб. заведений/ В.Ю. Шишмарев. - 3-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2009. -320 с.

2. Теплотехнические измерения и приборы: учебник для вузов / Г.М. Иванова. Н.Д. Кузнецов. В.С. Чистяков. — 2-е изд. перераб. доп. - М.: Издательство МЭИ, 2005. - 460 с.

Дополнительная:

1. Кушнер, Д.А. Техническая эксплуатация контрольно-измерительных приборов и автоматики: учебное пособие для обучающихся учреждений профессионально-технического образования по специальности "Техническая эксплуатация контрольно-измерительных приборов и автоматики" / Д.А. Кушнер. - Минск: РИПО, 2012. - 571 с.

2. Назаров, В.И., Чиж В.А., Буров А.Л. Теплотехнические измерения и приборы: учеб. пособие / В. И. Назаров. - Минск: Вышэйшая школа, 2017. – 280 с.

3. Пелевин, В.Ф. Метрология и средств измерений: учеб. пособие / В.Ф. Пелевин. - Минск: Новое знание, Москва: ИНФРА-М, 2016. - 272 с.

4. Мурин Г.А. Теплотехнические измерения: Учебник для техникумов. – 5-е издание, перераб. и доп. – М.: Энергия, 1979. – 424с.