Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра теплоэнергетики и экологии

УТВЕРЖДАЮ
Директор института передовых инженерных технологий
_____ И.Ю. Кольчурина
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы теплофизических исследований и измерений

13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
(направленность (профиль): «Цифровой инжиниринг»)

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2025

Новокузнецк
2025

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: fc9174b54ee9e52ecccebc4447325f87f55889f2
Владелец: Директор ИПИТ Кольчурина Ирина Юрьевна
Действителен: с 17 апреля 2024 г. по 11 июля 2025 г.
Дата и время: 18-05-2025 22:47:22 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– ознакомиться с методами и приборами для теплофизических исследований и измерений.

Задачами учебной дисциплины являются:

– познакомиться с принципом работы и конструкцией приборов для измерения теплофизических параметров;
– познакомится с методикой проведения расчетов физических явлений лежащих в принципах работы средств измерений.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Процессы и аппараты очистки газов и воды;
– Техническая термодинамика;
– Тепломассообмен;
– Механика жидкостей и газов.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем теплогазоснабжения;
– Энерго- и ресурсосбережение в промышленности;
– Котельные установки и парогенераторы.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Общепрофессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемые результаты обучения
Информационная культура	ОПК-1: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и	ОПК-1.3 Применяет современные информационные технологии	– знать: современные информационные технологии. – уметь: применять современные

	использовать их для решения задач профессиональной деятельности		информационные технологии при теплофизических исследованиях и измерениях.
Информационная культура	ОПК-2: Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	ОПК-2.3 Использует компьютерные программы при решении практических задач	– знать: компьютерные программы для решения практических задач в области теплофизических исследований и измерений. – уметь: использовать компьютерные программы при решении практических задач в области теплофизических исследований и измерений.
Фундаментальная подготовка	ОПК-3: Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.3 Применяет методы теоретического и экспериментального исследования для разработки простых математических моделей объектов, процессов, явлений для решения профессиональных задач	– знать: методы теоретического и экспериментального исследования для разработки простых математических моделей объектов, процессов, явлений для решения профессиональных задач в области теплофизических исследований и измерений. – уметь: применять методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов, явлений для решения профессиональных задач.

– Универсальные компетенции

Наименование	Код и	Код и наименование	Планируемые

категории (группы) УК	наименование УК	индикатора достижения УК	результаты обучения
Системное и критическое мышление	УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения	– знать: методы анализа задачи и выделения этапов ее решения. – уметь: выделять этапы решения поставленных задач в области теплофизических исследований и измерений.
Разработка и реализация проектов	УК-2: Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.3 Решает конкретные задачи (исследования, проекта, деятельности) заявленного качества в рамках заданных ограничений	– знать: способы решения конкретные задач в рамках заданных ограничений в области теплофизических исследований и измерений. – уметь: решать конкретные задачи в рамках заданных ограничений в области теплофизических исследований и измерений.

4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		***ИТОГО***	***7 семестр***
Форма промежуточной аттестации			*экзамен*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***216***	*216*

зачетных единиц	***6***	*6*
Лекции, *академ. час.*	***32***	*32*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*	***0***	*0*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*	***32***	*32*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Курсовая работа / проект, *академ. час.*	***0***	*0*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Консультации, *академ. час.*	***0***	*0*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*	***98***	*98*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*	***54***	*54*
в форме практической подготовки	***0***	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Методы теплофизических исследований и измерений (Термические методы. Дифференциальный термический метод. Калориметрический метод. Дилатометрический метод. Дифференциальный дилатометрический метод. Процесс измерения.);

Раздел 2 Приборы для измерения температуры (Конструкция, принцип работы, параметры приборов для измерения температуры.);

Раздел 3 Приборы для измерения давления (Конструкция, принцип работы, параметры приборов для измерения давления и разряжения.);

Раздел 4 Приборы для измерения расхода (Конструкция, принцип работы, параметры приборов для измерения расхода.);

Раздел 5 Приборы для измерения уровня (Конструкция, принцип работы, параметры приборов для измерения уровня.);

Раздел 6 Приборы для измерения состава (Конструкция, принцип работы, параметры приборов для измерения состава.).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1.	Методы теплофизических исследований и измерений	2	
Раздел 2.	Приборы для измерения температуры	6	
Раздел 3.	Приборы для измерения давления	6	
Раздел 4.	Приборы для измерения расхода	6	
Раздел 5.	Приборы для измерения	6	

	уровня		
Раздел 6.	Приборы для измерения состава	6	
Итого:		**32**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 2.	Измерение температуры	7	
Раздел 3.	Измерение давления	7	
Раздел 4.	Измерение расхода	6	
Раздел 5.	Измерение уровня	6	
Раздел 6.	Измерение состава жидкостей и газов	6	
Итого:		**32**	**0**

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы дисциплины	Темы курсовых работ (проектов)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	1. Изучение лекционного материала; 2. Прохождение тестирования.	16	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Прохождение	17	

	тестирования.		
Раздел 3.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Прохождение тестирования.	17	
Раздел 4.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Прохождение тестирования.	16	
Раздел 5.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Прохождение тестирования.	16	
Раздел 6.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Прохождение тестирования.	16	
Контроль	*Подготовка к экзамену*	54	
Итого:		**152**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Контролируемые компетенции	Оценочные средства
Раздел 1.	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; УК-1; УК-2	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Тестовые задания
Раздел 2.	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; УК-1; УК-2	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Тестовые задания
Раздел 3.	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; УК-1; УК-2	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Тестовые задания
Раздел 4.	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; УК-1;	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии;

	УК-2	3. Тестовые задания
Раздел 5.	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; УК-1; УК-2	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Тестовые задания
Раздел 6.	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; УК-1; УК-2	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Тестовые задания
Экзамен.	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; УК-1; УК-2	1. Вопросы к экзамену

11 Входной контроль

11.1 Цель входного контроля – определить начальный уровень подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения. В условиях личностно-ориентированной образовательной среды результаты входного оценивания обучающегося используются как начальные значения в индивидуальном профиле академической успешности обучающегося.

11.2 Описание оценочных средств

Форма проведения входного контроля – индивидуальный или фронтальный устный опрос. В ходе проведения входного контроля обучающимся предлагается ответить на вопросы по материалу, изученному в процессе освоения ООП ВО.

Шкала оценивания устных ответов обучающихся

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– сопровождение ответа примерами (учитывается умение грамотно и с пользой применять фактический материал для подкрепления теоретического при устном ответе);

– рациональность использования времени, отведенного на ответ (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценку «зачтено» получает обучающийся, если он при собеседовании обнаруживает знание и понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе и самостоятельно составленные; при ответе на вопросы излагает материал последовательно и правильно, полно и аргументировано отвечает по содержанию задания; рационально использует время, отведенное на ответ.

Оценку «не зачтено» получает обучающийся, который не рационально использует время, отведенное на ответ; обнаруживает незнание ответа на соответствующий вопрос; допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл; беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «не зачтено» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые требуют проведения дополнительных индивидуальных консультаций.

Вопросы для входного контроля знаний обучающихся приведены в приложении.

12 Текущий контроль

12.1 Текущий контроль знаний используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины и позволяет оценить степень освоения изученного материала.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе педагогического работника, в том числе посредством использования СУО «Moodle».

Формы проведения текущего контроля – вопросы для устного обсуждения (опроса); наблюдение за работой на практическом занятии; тестовые задания.

12.2 Описание оценочных средств

Шкалы оценивания (методики оценки)

12.2.1 Рекомендации по оцениванию устных ответов обучающихся

С целью контроля и подготовки обучающихся к изучению новой темы в начале занятия лекционного типа (лекции) педагогическим

работником проводится индивидуальный или фронтальный устный опрос по выполненным заданиям предыдущего раздела (темы).

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается умение грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе);

– использование дополнительного материала (обязательное условие);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся:

– полно и аргументировано отвечает по содержанию задания;

– обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе самостоятельно составленные;

– излагает материал последовательно и правильно.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1 – 2 ошибки, которые сам же исправляет.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но:

– излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил;

– не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;

– излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка

«неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному освоению последующего материала.

12.2.2 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня знаний и умений обучающегося, мотивирования обучающегося к активизации самостоятельной работы по усвоению учебного материала, выявления и устранения пробелов в знаниях, повышения дисциплины и организации учебной деятельности обучающегося.

Тестирование проводится в СУО «Moodle» в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся. Для тестирования используется 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины. Обучающийся выбирает один ответ из предложенных вариантов ответа. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Максимальный балл	Проходной балл	Оценка
20	не менее 18	отлично
17	не менее 14	хорошо
13	не менее 10	удовлетворительно
9	–	неудовлетворительно

12.2.3 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на практическом занятии

Наблюдение за работой на практическом занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на практическом занятии:

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении практической работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на практическом занятии

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями.	2,5
Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники.	1,25
Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении практической работы.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины приведены в приложении.

13 Промежуточная аттестация

13.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине предназначены для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения учебной дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяют определить качество усвоения изученного материала.

Итоговой формой контроля сформированности компетенций у обучающихся по учебной дисциплине является: экзамен.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: вопросы к экзамену.

13.2 Оценивание обучающегося на экзамене

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию компетенций.

Оценка	Требования к знаниям
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.

Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.

14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Анискевич, Ю. В. Приборы и методы измерения теплотехнических величин : учебное пособие / Ю. В. Анискевич. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2012. — 117 с. — ISBN 978-5-85546-725-3. – URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=63681 (дата обращения: 28.03.2025);

2 Демин, А. М. Метрология и средства измерений теплотехнических параметров : учебное пособие / А.М. Демин, А.Е. Кочетков. – Иваново : ИГЭУ, 2019. – 156 с. – URL: https://e.lanbook.com/book/154555 (дата обращения: 28.03.2025);

3 Стоянов, Н. И. Теплотехнические измерения : учебное пособие / Н.И. Стоянов, С.С. Смирнов, А.В. Смирнова, Л.В. Фомущенко. – Ставрополь : Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2017. – 92 с. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=562683 (дата обращения: 28.03.2025);

4 Вакулин, А. А. Температура и ее измерение в теплофизике : учебное пособие / А. А. Вакулин ; Тюменский государственный университет. – Тюмень : Тюменский государственный университет, 2018. – 88 с. : ил. – ISBN 978-5-400-01510-6. – URL:

https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574433 (дата обращения: 28.03.2025);

5 Иванова, И. В. Теплотехнические измерения в теплоэнергетике : учебное пособие / И. В. Иванова. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2021. — 140 с. — ISBN 978-5-9239-1240-1. – URL: https://e.lanbook.com/book/179178 (дата обращения: 28.03.2025);

6 Вихарева, Н. А. Метрологическое обеспечение теплотехнических измерений. Основы термометрии : учебное пособие / Н. А. Вихарева. — Новосибирск : СГУГиТ, 2020. — 51 с. — ISBN 978-5-907320-63-5. – URL: https://e.lanbook.com/book/222356 (дата обращения: 28.03.2025);

7 Вихарева, Н. А. Метрологическое обеспечение теплотехнических измерений. Методы и средства измерений тепловых величин : учебное пособие / Н.А. Вихарева, Г.В. Симонова. – Новосибирск : СГУГиТ, 2022. – 40 с. – ISBN 978-5-907513-33-4. – URL: https://e.lanbook.com/book/317477 (дата обращения: 28.03.2025);

8 Степашкина, А. С. Прогнозное моделирование теплофизических процессов и измерений : монография / А. С. Степашкина. — Санкт-Петербург : ГУАП, 2022. — 59 с. — ISBN 978-5-8088-1789-0. – URL: https://e.lanbook.com/book/341093 (дата обращения: 28.03.2025);

9 Метрология и теплотехнические измерения : учебник / Н.С. Долбикова, Л.М. Захарова, А.В. Кузнецова [и др.]. – Москва : НИУ МЭИ, 2021. – 292 с. – ISBN 978-5-7046-2431-8. – URL: https://e.lanbook.com/book/362504 (дата обращения: 28.03.2025);

10 Латышенко, К. П. Технические измерения и приборы в 2 т. Том 2 в 2 кн. Книга 1 : учебник для вузов / К. П. Латышенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 292 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04194-1. – URL: https://urait.ru/bcode/538681 (дата обращения: 28.03.2025);

11 Шишмарёв, В. Ю. Технические измерения и приборы : учебник для вузов / В. Ю. Шишмарёв. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 377 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12536-8. – URL: https://urait.ru/bcode/542314 (дата обращения: 28.03.2025);

12 Рачков, М. Ю. Технические измерения и приборы : учебник и практикум для вузов / М. Ю. Рачков. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 151 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07525-0. – URL: https://urait.ru/bcode/538444 (дата обращения: 28.03.2025);

13 Латышенко, К. П. Технические измерения и приборы в 2 т. Том 1 в 2 кн. Книга 1 : учебник для вузов / К. П. Латышенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 250 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9543-5. – URL: https://urait.ru/bcode/538100 (дата обращения: 28.03.2025);

14 Латышенко, К. П. Технические измерения и приборы в 2 т. Том 2 в 2 кн. Книга 2 : учебник для вузов / К. П. Латышенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 232 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04196-5. – URL: https://urait.ru/bcode/538682 (дата обращения: 28.03.2025);

15 Назаров, В.И. Теплотехнические измерения и приборы. Лабораторный практикум : учебное пособие / Назаров В.И., Буров А.Л., Криксина Е.Н. – Москва : Вышэйшая школа, 2012. – 131 с. – ISBN 978-985-06-2146-7. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850621467.html (дата обращения: 28.03.2025);

16 Невиницын, В.Ю. Современные приборы измерения теплоэнергетических величин. Измерение уровня и расхода : учебное пособие / Невиницын В.Ю., Лабутин А.Н. – Москва : Ивановский ГХТУ, 2014. – 84 с. – ISBN ghtu_024. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ghtu_024.html (дата обращения: 28.03.2025);

17 Беленький, А. М. Метрология и теплотехнические измерения : учеб. / Беленький А. М. - Москва : МИСиС, 2018. - 396 с. - ISBN 978-5-906953-23-0. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785906953230.html (дата обращения: 28.03.2025);

18 Шибеко, А.С. Строительная теплофизика и теплотехнические измерения : учебное пособие / Шибеко А.С., Рутковский М.А. – Москва : Инфра-Инженерия, 2020. – 288 с. – ISBN 978-5-9729-0443-3. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972904433.html (дата обращения: 28.03.2025).

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 –]. –

URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

8 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 –]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– Р7-Офис.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

15 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;

- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий);
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Составитель(и):

доцент Коротков Сергей Георгиевич (кафедра теплоэнергетики и экологии).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:

Начальник техбюро
производственно-технического отдела
ООО «Центральная ТЭЦ»  А. Ю. Поромов

Приложение

1 Вопросы для входного контроля знаний обучающихся

Дайте письменный ответ на предложенные вопросы.

1. Каковы цели и задачи изучения дисциплины?
2. Что такое термометрия?
3. Дайте определение понятия температуры.
4. Какие существуют температурные шкалы?
5. Что такое давление?
6. Какие единицы измерения давления существуют?
7. Что такое расход жидкости и газа?
8. Какие существуют виды расхода и какие их единицы измерения?
9. В каких единицах измеряется уровень жидкости?
10. Что такое тепловой поток и плотность теплового потока?
11. Что представляет из себя коэффициент теплопроводности?
12. Из каких основных компонентов состоят продукты сгорания топлива?
13. Какие компоненты продуктов сгорания указывают на то, что горение топлива не полное?
14. Что такое температурное поле?
15. За счет каких физических явлений передается теплота в твердых телах?

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины

Раздел 1 Методы теплофизических исследований и измерений

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Что такое термические методы измерения теплофизических величин?
2. Что такое дифференциальный термический метод измерения теплофизических величин?
3. Что такое температурный гистерезис измерения теплофизических величин?
4. Что такое калориметрический метод измерения теплофизических величин?
5. Что такое метод дифференциальной сканирующей калориметрии измерения теплофизических величин?
6. Что такое дилатометрический метод измерения теплофизических величин?
7. Что такое дифференциальный дилатометрический метод измерения теплофизических величин?
8. Что такое измерение?

9. По каким признакам классифицируют измерения и какие виды их существуют?

10. Что такое средство измерения?

11. Какие основные виды средств измерений существуют?

2 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1. _____ – это устройство для измерения температуры путем преобразования тепловой энергии в электрическое напряжение. (ответ существительное в единственном числе)

2. Какой метод используется для точного измерения малых температурных градиентов внутри твердых тел? (один правильный ответ)

a) Метод инфракрасной термографии.
b) Калориметрический метод.
c) Метод лазерной доплеровской анемометрии.
d) Термографическая микроскопия.

3. Для чего применяется метод калориметрии? (один правильный ответ)

a) Для оценки теплопередачи между твердым телом и жидкостью.
b) Для определения тепловых потоков и количества выделяемого тепла.
c) Для изучения механических свойств материалов.
d) Для контроля влажности среды.

4. Какие основные преимущества метода пирометрии перед контактными методами измерения температуры? (один правильный ответ)

a) Возможность бесконтактного измерения высоких температур.
b) Высокая точность измерения низких температур.
c) Простота установки измерительных приборов.
d) Нет необходимости калибровки оборудования.

5. При каком способе измерения температуры используются материалы с высокой чувствительностью к изменению сопротивления от температуры? (один правильный ответ)

a) Пирометрия.
b) Термисторный метод.
c) Тепловизионная съемка.
d) Лазерный зонд.

6. В чём заключается суть стационарного метода плоского слоя при определении теплопроводности твёрдых тел? (один правильный ответ)

a) Нагрев одного слоя пластины с постоянным потоком тепла и фиксация установившейся разницы температур между поверхностями.

b) Применение импульсного нагрева для быстрого установления термического равновесия.

c) Использование ультразвуковых волн для определения скорости распространения тепла.

d) Наблюдение процесса затухания колебаний в образце при определённой температуре.

7. В каком методе исследования теплопереноса применимо использование лазера для кратковременного локального разогрева поверхности изучаемого материала? (один правильный ответ)

a) Метод лазерной вспышки.

b) Метод постоянного тока.

c) Контактный термометрический метод.

d) Метод радиотепловой эмиссии.

8. Теплоёмкость вещества определяют следующим способом: (один правильный ответ)

a) По степени деформации материала при приложении механического напряжения.

b) Путем вычисления отношения полученного количества тепла к соответствующему увеличению температуры.

c) Оценивая скорость распространения ультразвуковой волны в материале.

d) Рассчитывая интенсивность отражённого света от поверхности тела.

9. Установите соответствие между методами теплофизических исследований и областями их применения:

A. Термография	1. Определение пространственного распределения температуры на поверхности объектов
B. Калориметрия	2. Исследование теплотехнических характеристик веществ и процессов выделения или поглощения тепла
C. Термопарное исследование	3. Измерение температуры путём преобразования тепловой энергии в электрический сигнал
D. Лидар	4. Исследование структуры атмосферы и рассеивания газов
E. Тензодатчики	5. Изучение деформаций и напряжений в материалах, связанных с изменениями температуры

10. Соответствие между типами датчиков и используемым ими физическим принципом:

A. Резистивные датчики	1. (ответ существительное в единственном числе Изменение электрического сопротивления при изменении температуры
B. Инфракрасные детекторы	2. Регистрация электромагнитного излучения в ИК-диапазоне
C. Пьезоэлектрические преобразователи	3. Преобразование механической деформации в электрические сигналы
D. Фотонные сенсоры	4. Фиксация изменений интенсивности светового потока вследствие нагрева
E. Полупроводниковые терморезисторы	5. Зависимость проводимости полупроводника от температуры

11. Подберите методы к соответствующим целям измерений:

A. Измерение теплового потока	1. Метод теплового моста
B. Определение теплопроводности	2. Метод регуляризации
C. Измерение удельной теплоёмкости	3. Адсорбционный метод
D. Контроль качества теплоизоляционных покрытий	4. Трассирование инфракрасных изображений
E. Мониторинг состояния подшипников машин	5. Вибродиагностика и контроль температуры

12. Установите связь между оборудованием и выполняемой функцией:

A. Градиентные камеры	1. Моделирование температурных профилей и зон перегрева
B. Теплопроводовое устройство	2. Проведение испытаний образцов на определение теплопроводности
C. Фурье-спектрометр	3. Спектральный анализ излучательной способности поверхностей
D. Газохроматограф	4. Определение состава газовых смесей в процессе горения топлива
E. Криостат	5. Создание стабильных низкотемпературных условий для экспериментов

13. Выберите правильный метод для каждой ситуации:

A. Быстрое измерение поверхностной температуры удалённых объектов	1. Пирометрия
B. Диагностика дефектов строительных конструкций по распределению тепла	2. Тепловизионный контроль
C. Экспериментальное изучение фазовых переходов в веществе	3. Дилатометрия

D. Измерение уровня тепла, передаваемого сквозь стенку сосуда	4. Теплометрия
E. Детекция неисправностей электрооборудования по аномальным температурам	5. Термодиагностика

Раздел 2. Приборы для измерения температуры

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Назовите приборы для измерения температуры.
2. Конструкция, принцип работы, параметры приборов для измерения температуры.

2 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1.Измерительный механизм манометрического термометра (один правильный ответ)

a) термобаллон, манометрическая пружина
b) манометрическая пружина
c) передаточное устройство
d) термобаллон

2.На чем основан принцип действия дилатометрического термометра (один правильный ответ)

a) на разности температурных коэффициентов линейного расширения различных материалов
b) на изменении упругих свойств мембраны от изменения температуры
c) на преобразовании контролируемой температуры в давление
d) на пропорциональном изменении длины чувствительной трубки от изменения температуры

3.Каким требованиям должны удовлетворять компенсационные провода для термопар (один правильный ответ)

a) теплоемкость компенсационных проводов должна быть такой же, что и термоэлектродов термопар
b) теплопроводность компенсационных проводов должна быть такой же, что и термоэлектродов термопар
c) компенсационные провода должны развивать в паре между собой ту же ЭДС, что и термопара

d) удельное сопротивление компенсационных проводов должно быть таким же, что и термоэлектродов

4.На чем основана работа устройств для автоматического введения поправки на температуру свободных концов термопары (один правильный ответ)

a) на стабилизации температуры свободного спая
b) на вырабатывании компенсирующего напряжения
c) на дополнительном нагреве рабочего спая
d) на дополнительном нагреве свободного спая

5.Какие требования предъявляют к материалам термометров сопротивления (один правильный ответ)

a) стабильность и воспроизводимость градуировочной характеристики
b) малое удельное сопротивление
c) высокая теплопроводность
d) высокая теплоемкость

6.Какие вторичные приборы используются с термометрами сопротивления (один правильный ответ)

a) Милливольтметры
b) Мосты
c) Потенциометры
d) Омметры

7.Для чего используют термисторы (один правильный ответ)

a) для измерения температуры
b) для измерения мощности
c) для измерения давления
d) для измерения освещенности

8. Температура в Кельвинах измеряется по _____ шкале. (ответ прилагательно в единственном числе в родительном падеже)

9.К термометрам для измерения температуры контактным методом относятся (один правильный ответ)

a) Манометрические термометры
b) Логометры
c) Потенциометры
d) Пирометры

10.Виды пирометров применяемых для измерения температуры_____. (ответ прилагательное в множетсвеном числе)

11.Термометры расширения можно разделить на следующие группы (один правильный ответ)

a) Металлические и жидкостные
b) Биметаллические, дилатометрические
c) Металлические и стеклянные
d) Манометрические

12.Принцип действия манометрических термометров основан на зависимости между (один правильный ответ)

a) Температурой и скоростью
b) Температурой и давлением
c) Температурой и расходом
d) Давлением и расходом

13.Что происходит с сопротивлением проводниковых материалов при повышении температуры (один правильный ответ)

a) Увеличивается
b) Уменьшается
c) Не изменится
d) Меньше нуля

14.Прибор, который фиксирует изменение сопротивления термометра в зависимости от температуры окружающей среды_____. (ответ существительное в единственном числе)

15.К приборам для измерения температуры контактным методом относятся (один правильный ответ)

a) термометры расширения
b) пирометры
c) потенциометры
d) термометры растяжения

16.Температура характеризует (один правильный ответ)

a) состояние вещества
b) степень нагретости тела
c) физические свойства тела
d) состояние материала

17._____ представляет собой спай двух разнородных металлов. (ответ существительное в единственном числе)

18.Принцип действия термопары основан на возникновении _____-ЭДС за счет разности температур горячего и холодного спаев. (ответ часть сложного слова в единственном числе).

20.При повышении температуры в термометре сопротивления (один правильный ответ)

a) электрическое сопротивление увеличивается
b) возникает термо-ЭДС
c) электрическое сопротивление остается постоянным
d) возникает сверх проводимость

21.Термопара работает в комплексе с (один правильный ответ)

a) оптическими пирометрами
b) биметаллическими термометрами
c) потенциометрами и милливольтметрами
d) амперметрами

3 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Задача 1

Лабораторный стеклянный термометр, заполненный пентаном, показывает по шкале $X_П$ °С. Термометр погружен в измеряемую среду до отметки $X_{пог}$ °С. Температура выступающего столбика составляет $X_{в.с}$, °С. Коэффициент видимого объемного теплового расширения рабочей жидкости в стекле – $\alpha_ж$. Определите истинные показания температуры измеряемой среды. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 1.

Таблица 1– Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	Рабочая жидкость	$X_{вс}$, °С	$X_П$, °С	$X_{пог}$, °С
1	Ртуть	10	155	10
2	Керосин	5	55	15
3	Изопентан	10	– 105	– 155
4	Спирт этиловый	20	40	– 50
5	Ртуть – таллий	15	55	– 40
6	Толуол	10	22	– 50
7	Метилкарбитол	20	33	– 50
8	Галлий – индий – олово	25	605	100
9	Петролейный эфир	10	– 20	– 100
10	Керосин	5	70	5
11	Ртуть	15	206	25
12	Пентан	20	– 45	– 100
13	Галлий – индий – олово	25	450	50
14	Толуол	10	45	– 50
15	Изопентан	10	– 68	– 170
16	Ртуть – таллий	15	10	– 50
17	Метилкарбитол	15	10	– 30
18	Петролейный эфир	10	0	– 85
19	Спирт этиловый	20	– 10	– 80
20	Пентан	20	– 50	– 100

Задача 2

В термостат помещено два термометра: технический с пределами измерения $X_Н…X_В$ °С с пределом допускаемой основной погрешности ±Δ °С и лабораторный термометр. Показания технического и лабораторного термометров составили $X_{П1}$ °С и $X_{П2}$ °С соответственно. Известно, что поправка на показания лабораторного термометра по свидетельству о поверке составляет –1 °С, поправка на показания на

выступающий столбик равна +0,5 °С. Определить, выходят ли за пределы допускаемой погрешности показания технического термометра. Варианты индивидуальных заданий приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	$X_Н$, °С	$X_В$, °С	$X_{П1}$, °С	$X_{П2}$, °С	Δ, °С
1	0	500	450	452	4
2	0	100	92	96	3
3	– 20	+20	2	0	1
4	– 30	+30	15	19	3,5
5	0	25	9	14	2
6	10	30	12	13	1,5
7	0	50	41	38	2
8	0	60	52	48,3	4
9	20	50	21	21	0,5
10	– 50	+50	48	47,5	1
11	0	500	92	91	3
12	– 30	+30	16	14	1,5
13	20	50	41	38	1,5
14	– 20	+20	15	18	0,5
15	0	50	16	14	2
16	0	600	502	500	2
17	0	200	184	180	3
18	0	100	48	54	3
19	– 20	+20	– 15	– 17	1,5
20	– 50	0	– 28	– 27	2

Задача 3

Определите, какое начальное давление должно быть создано в системе манометрического газового термометра при t_1 (°С), чтобы при изменении температуры от $X_{нп}$ до $X_{вп}$ (°С) давление в системе изменялось на P (МПа). Термический коэффициент расширения газа – β. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	t_1, °С	$X_{нп}$, °С	$X_{вп}$, °С	P, МПа	β, $К^{-1}$
1	0	0	600	10	0,00366
2	0	0	500	10	0,00355
3	0	0	400	9	0,00220
4	20	0	300	9	0,00300
5	20	0	200	8	0,00331
6	20	0	100	8	0,00289
7	25	0	150	7	0,00370
8	25	0	250	7	0,00264
9	25	0	350	6	0,00341
10	10	0	450	6	0,00303

11	10	0	550	10	0,00295
12	10	0	600	10	0,00215
13	5	0	500	11	0,00200
14	5	0	400	11	0,00159
15	5	0	300	12	0,00315
16	0	0	200	12	0,00322
17	0	0	100	5	0,00367
18	0	0	150	4	0,00284
19	15	0	250	3	0,00212
20	15	0	350	2	0,00275

Задача 4

Определить температуру, измеряемую с помощью манометрического термометра в текущий момент, если при увеличении температуры на величину Δt (°С) давление в термобаллоне увеличилось с в n раз при начальном давлении $P_н$ (МПа). Варианты индивидуальных заданий приведены в табл.4.

Таблица 4 – Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	Δt, °С	n	$P_н$, МПа	β, $К^{-1}$
1	420	2,0	4,15	0,00295
2	380	1,9	4,47	0,00215
3	360	1,6	4,53	0,00200
4	380	1,8	4,28	0,00159
5	450	2,2	4,29	0,00315
6	360	1,7	4,84	0,00322
7	380	1,8	5,12	0,00367
8	390	1,9	5,14	0,00284
9	430	2,0	4,98	0,00212
10	440	2,1	5,32	0,00275
11	450	1,8	4,25	0,00366
12	460	2,2	4,36	0,00355
13	360	1,9	4,78	0,00220
14	480	2,2	5,12	0,00300
15	500	2,3	5,79	0,00331
16	450	1,8	5,13	0,00289
17	463	1,9	5,14	0,00370
18	467	2,0	5,16	0,00264
19	493	2,1	5,16	0,00341
20	490	2,2	5,02	0,00303

Задача 5

При увеличении температуры $t_н$ (°С) на Δt (°С) относительное изменение длины трубы составило δl (%) от исходного значения l_0. Определить чувствительность термометра и коэффициент линейного

расширения материала стержня, если труба термометра изготовлена из латуни. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл.5.

Таблица 5 - Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	$t_н$, °С	Δt, °С	δl, %
1	0	200	1,2
2	25	190	1,5
3	30	195	1,4
4	48	196	1,3
5	90	205	1,2
6	50	206	1,1
7	60	204	0,8
8	102	203	0,9
9	75	202	0,7
10	76	210	1,0
11	48	195	0,8
12	43	197	0,9
13	54	202	0,8
14	58	204	0,7
15	61	206	0,6
16	62	196	0,5
17	68	198	0,9
18	70	196	1,0
19	75	194	1,2
20	76	202	1,4

Задача 6

Определить минимальную длину трубы дилатометрического термометра, имеющего стержень, изготовленный из инвара, с пределами измерения $t_н$…$t_к$, если известно, что во всем диапазоне измерения относительное удлинение трубы не должно превышать δl (%). Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 6.

Таблица 6 - Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	$t_н$… $t_к$, °С	δl, %	Материал трубы
1	0…200	2,4	Никелевая сталь
2	0…150	3,0	Хромомолибден
3	0…100	2,8	Сталь 12Х18Н9Т
4	100…400	2,6	Никелевая сталь
5	0…400	2,4	Латунь
6	0…300	2,2	Сталь 12Х18Н12Т
7	200…400	1,6	Латунь
8	0…100	1,8	Сталь 12Х18Н9Т
9	0…250	1,4	Хромомолибден
10	0…350	2,0	Сталь 12Х18Н9Т
11	0…320	1,6	Латунь
12	0…180	1,8	Сталь 12Х18Н12Т
13	0…250	1,6	Никелевая сталь
14	0…280	1,4	Хромомолибден

15	0…350	1,2	Красная медь
16	100…350	1,0	Сталь 12Х18Н12Т
17	150…400	1,8	Никелевая сталь
18	0…200	2,0	Красная медь
19	0…300	2,4	Сталь 12Х18Н9Т
20	0…100	2,4	Сталь 12Х18Н9Т

Задача 7

Медный термопреобразователь сопротивления имеет сопротивление R_{20} при температуре t (°С). Определите его сопротивление при 100 и 150 °С. Температурный коэффициент – α. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 7.

Таблица 7 - Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	t, °С	R_{20}, Ом	α, $К^{-1}$
1	20	1,75	4,26
2	19	1,76	4,27
3	18	1,77	4,28
4	17	1,78	4,29
5	16	1,79	4,30
6	15	1,80	4,31
7	14	1,79	4,32
8	13	1,78	4,33
9	11	1,77	4,34
10	10	1,76	4,35
11	11	1,75	4,34
12	12	1,74	4,33
13	13	1,73	4,32
14	14	1,72	4,31
15	15	1,71	4,3
16	16	1,70	4,29
17	17	1,71	4,28
18	18	1,72	4,27
19	19	1,73	4,26
20	20	1,74	4,25

Раздел 3. Приборы для измерения давления

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Назовите приборы измерения давления и разряжения.
2. Конструкция, принцип работы, параметры приборов для измерения давления и разряжения.

2 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в

рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1.ЭКМ – это (один правильный ответ)

a) электроконтактный манометр
b) электроконтактный термометр
c) контактный манометр
d) манометр электрический

2. Как называются приборы давления с двусторонней шкалой с пределами измерения ±20 кПа (один правильный ответ)

a) Тягонапоромерами
b) Тягомерами
c) Напоромерами
d) Манометрами
e) дифференциальными манометрами

3. Какие манометры используют в качестве образцовых (один правильный ответ)

a) Грузопоршневые
b) Дифманометры
c) Жидкостные
d) Деформационные
e) Электрические

4. Что используется в качестве упругого чувствительного элемента в колокольных дифманометрах (один правильный ответ)

a) упругая пружина
b) Сильфон
c) Мембрана
d) мембранная коробка
e) трубчатая пружина

5. Какие преобразователи используют в электрических манометрах (один правильный ответ)

a) Тензометрические
b) Термоэлектрические
c) Фотоэлектрические
d) Индуктивные
e) Индукционные

6. Какой из упругих чувствительных элементов манометров характеризуется высокой чувствительностью и линейностью (один правильный ответ)

a) трубчатая пружина
b) упругая пружина
c) Мембрана
d) мембранная коробка
e) Сильфон

7. Как сглаживают колебания стрелки манометра (один правильный ответ)

a) с помощью дросселя
b) с помощью демпфера
c) с помощью крана
d) с помощью сужающего отверстия
e) с помощью отборного устройства

8. Давление- это отношение (один правильный ответ)

a) P= F⁄S
b) P= QS
c) P= FS
d) P= QF
e) P=QN

9. Прибор для измерения избыточного давления (один правильный ответ)

a) Манометры
b) Вольтметры
c) Амперметры
d) Пирометры
e) Потенциометры

10. Прибор для измерения вакуума (один правильный ответ)

a) Вакуумметры
b) Пирометры
c) Манометры
d) Тягомеры
e) Напоромеры

11. Прибор для измерения избыточного давления и вакуума_____. (ответ существительное в единственном числе)

12. Прибор для измерения небольших избыточных давлений_____. (ответ существительное в единственном числе)

13. Прибор для измерения небольших разрежений (один правильный ответ)

a) Тягомеры
b) Пирометры
c) Манометры
d) Вольтметры
e) Амперметры

14. Прибор для измерения атмосферного давления _____. (ответ существительное в единственном числе)

15. Установите соответствие между прибором для измерения давления и его определением:

Манометр	1. Прибор для измерения избыточного давления относительно атмосферного давления

Барометр	2. Прибор для измерения атмосферного давления
Вакуумметр	3. Прибор для измерения разреженного давления ниже атмосферного
Диффманометр	4. Прибор для измерения разности давлений двух сред (перепад давления)
Напоромер	5. Специализированный манометр для измерения небольших положительных давлений, преимущественно газообразных сред
Тягомер	6. Прибор для измерения отрицательных давлений — разряжения воздуха (подходит для низкого уровня разреженности)
Тягонапоромер	7. Универсальный прибор, предназначенный одновременно для измерения как небольшого положительного, так и небольшого отрицательного давления (разряжения)

3 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Задача 1

В *U*-образном манометре с водяным заполнением внутренние диаметры трубок соответственно равны d_1 и d_2 мм. При измерении давления уровень в первой трубке переместился на *h'* мм. Измеряемое давление считалось равным *p* кПа. Оцените погрешность, вызванную «неучетом» реального уровня во второй трубке. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	d_1, мм	d_2, мм	*h'*, мм	*p*, кПа
1	8,12	8,40	238	4,10
2	8,06	8,38	239	4,09
3	7,87	7,36	240	4,08
4	7,92	7,34	236	4,07
5	7,98	7,32	234	4,06
6	7,56	7,10	242	4,05
7	7,48	7,30	237	4,04
8	7,84	8,00	241	4,03
9	8,00	8,12	240	4,02
10	7,86	8,38	243	4,01
11	8,10	8,40	238	4,10
12	7,88	8,38	239	4,09
13	8,12	7,36	240	4,08

14	8,14	7,34	236	4,07
15	8,16	7,32	234	4,06
16	8,18	7,10	242	4,05
17	8,20	7,30	237	4,04
18	7,66	8,00	241	4,03
19	7,86	8,12	242	4,02
20	8,5	8,38	237	4,01

Задача 2

Длина столбика жидкости в трубке микроманометра составляла 95 делений при постоянной k_1 шкалы прибора. Изменится ли относительная погрешность измерения давления, если трубку установить в положение, при котором постоянная шкалы прибора – k_2? Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	k_1	k_2
1	0,65	0,38
2	0,64	0,39
3	0,63	0,31
4	0,62	0,37
5	0,61	0,33
6	0,60	0,45
7	0,67	0,48
8	0,68	0,49
9	0,71	0,41
10	0,58	0,42
11	0,59	0,48
12	0,61	0,39
13	0,57	0,57
14	0,63	0,31
15	0,65	0,34
16	0,68	0,38
17	0,69	0,41
18	0,71	0,42
19	0,72	0,37
20	0,74	0,35

Раздел 4. Приборы для измерения расхода

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1.Назовите приборы для измерения расхода.

2.Конструкция, принцип работы, параметры приборов для измерения расхода.

2 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1.Что измеряет расходомер (один правильный ответ)

a) суммарное количество вещества, проходящее в трубопроводе за некоторый интервал времени
b) количество вещества, проходящее через единицу сечения трубопровода
c) количество вещества, проходящее в трубопроводе в единицу времени;
d) перепад давлений

2.Для чего используют сужающие устройства? (один правильный ответ)

a) для создания перепада давлений
b) для уменьшения скорости истечения вещества
c) для уменьшения давления
d) для выравнивания давления

3.На чем основан принцип действия ротаметров? (один правильный ответ)

a) на обтекании потоком вещества чувствительного элемента
b) на измерении плотности вещества
c) на измерении давления вещества
d) на измерении состава вещества

4.Какой тип передающего преобразователя используется в тахометрических расходомерах? (один правильный ответ)

1. на термоэлектрическом эффекте
2. дифтрансформаторный
3. на законе Ампера
4. на эффекте Холла

5.Каким основным достоинством характеризуются ультразвуковые расходомеры? (один правильный ответ)

6. независимость от температуры вещества
7. не требуют индивидуальной градуировки
8. измеряют расход любых жидких сред
9. независимость от физико-химических свойств вещества

6.Нормальный расход-это (один правильный ответ)

6. при котором обеспечивается кратковременная работа счётчика
7. наибольший длительный расход, при котором погрешность показаний не выходит за установленные пределы
8. наименьший расход, при котором счётчик начинает давать показание погрешность которых превышает

9. количество вещества которое проходит через счётчик за 1 час при установившемся потоке

7.Верхний предел измерение-это (один правильный ответ)

6. наибольший расход, при котором обеспечивается кратковременная работа счётчика
7. наименьший расход, при котором счётчик ещё дает показания с допустимой погрешностью
8. при котором счётчик начинает давать показание погрешность которых превышает допустимую
9. длительный расход, при котором погрешность показаний не выходит за установленные пределы

8.Расходомеры переменного перепада давления (один правильный ответ)

6. Диафрагма, труба Вентури, Сопла
7. Ротаметры, труба Бербера
8. Щелевые расходомеры
9. Индукционные ротаметры

9.Расходомер постоянного перепада давления (один правильный ответ)

6. Ротаметр
7. Диафрагма
8. Сопла
9. Пирометр

10.Единица измерения объёмного расхода в системе СИ _____. (ответ обозначение единицы измерения в системе СИ)

11.Диафрагму устанавливают относительно оси трубопровода строго_____. (ответ наречие)

12.Отбор давления при применении камерной диафрагмы производится (один правильный ответ)

8. из кольцевых камер до и после диафрагмы
9. из трубопровода после диафрагмы
10. из кольцевой камеры до диафрагмы
11. из камеры после диафрагмы

13. Дифманометры – расходомеры при измерении расхода жидкости располагают по отношению к сужающему устройству (один правильный ответ)

1. Ниже
2. Выше
3. Справа
4. На одном уровне

14. Установите соответствие между типами расходомеров и их определениями:

Механические	5. Расходомеры, работающие на основе физических

	перемещений элементов устройства, зависящих от расхода
Электромагнитные	6. Используют явление индукции для измерения объема протекающей жидкости или газа
Ультразвуковые	7. Основаны на эффекте Доплера или временной задержке прохождения ультразвукового сигнала через среду
Корреляционные	8. Измеряют расход путем сравнения сигналов, полученных двумя датчиками, расположенными вдоль трубопровода
Объемные	9. Измеряют количество прошедшей жидкости или газа путем заполнения определенной емкости и подсчета числа циклов наполнения-выпуска
Пито-трубочные	10. Базируются на измерении динамического давления среды, которое пропорционально её скорости движения
Щелевые (ротаметры)	11. Включают перемещение поплавка в конусной трубе, положение которого зависит от величины расхода

3 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Задача 1

По трубе диаметром *D* (мм движется поток жидкости со средней скоростью *v* (м/с). Определите массовый расход жидкости, если ее плотность – *ρ* (кг/м). Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	D, мм	v, м/с	ρ, кг/м^3
1	150	10	850
2	32	1,5	1505
3	500	24	1020
4	100	3	780
5	200	5	791
6	25	0,85	730
7	800	44	875
8	1200	50	3120
9	50	1	1010
10	160	2,3	1060
11	80	1,8	1000
12	300	18	72
13	225	15	861
14	65	6	147

15	600	21	1260
16	110	4	1150
17	40	0,9	820
18	250	17	8550
19	1000	41	925
20	400	22	1065

Задача 2

Определите расход дымовых газов через цилиндрический трубопровод, если перепад давления на напорной трубке ΔP (кгс/м^2). Диаметр трубопровода – D (мм), коэффициент трубки – $k_т$, плотность газов – ρ (кг/м^3). Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 3.2.

Таблица 2 – Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	ΔP, кгс/м^2	D, мм	$k_т$	ρ, кг/м^3
1	50	300	0,98	1,25
2	49,5	225	0,97	1,98
3	50,5	65	0,96	1,3042
4	51	600	0,95	2,9
5	49	110	0,94	2,57
6	50,2	40	0,975	0,77
7	49,8	250	0,965	1,78
8	50,9	1000	0,955	1,17
9	49,1	400	0,945	2,99
10	50,1	150	0,6	2,67
11	49,7	32	0,7	2,7
12	50,6	500	0,8	0,09
13	49,3	100	0,65	3,66
14	50,8	200	0,75	5,79
15	49,2	25	0,942	3,48
16	50,25	800	0,972	3,66
17	49,4	1200	0,72	1,54
18	49,9	50	0,62	5,81
19	50,3	160	0,947	1,53
20	49,6	80	0,64	1,29

Задача 3

При установке диафрагмы в трубопроводе предполагалось, что номинальный расход среды составляет Q, диафрагма была рассчитана на Q_{max}, а дифманометр – на ΔP_{max}. Однако в процессе эксплуатации выяснилось, что расход среды будет равен $Q_р$. Сменить диафрагму не представляется возможным. Подберите дифманометр, с помощью которого можно было бы измерить расход $Q_р$. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 3.

Таблица 3 - Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	Q, т/ч	Q_{max}, т/ч	ΔP_{max}, кПа	$Q_р$, т/ч
1	230	250	4	380
2	270	300	2	400
3	330	350	3	420
4	370	400	5	490
5	420	450	4,5	520
6	480	500	2,5	600
7	520	550	3,5	620
8	180	200	5,5	350
9	130	150	4,2	300
10	70	100	2,2	180
11	25	50	3,2	120
12	220	250	5,2	350
13	280	300	4,7	405
14	320	350	2,7	470
15	380	400	3,7	510
16	430	450	5,7	550
17	470	500	4,3	620
18	530	550	2,3	660
19	170	200	3,3	300
20	125	150	5,3	270

Задача 4

Расход воды, протекающий по трубопроводу D, составляет $Q_м$. Модуль диафрагмы m, давление воды P, температура t, ε = 1. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 4.

Таблица 4 - Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	D, мм	$Q_м$, т/ч	m	P, МПа	t, °С	α
1	25	250	0,5	10	200	0,698
2	800	300	0,3	9	190	0,697
3	1200	350	0,4	8	180	0,696
4	50	400	0,322	7	210	0,695
5	160	450	0,52	6	220	0,694
6	80	500	0,18	5	201	0,693
7	300	550	0,467	9,5	191	0,692
8	225	200	0,513	8,5	181	0,691
9	150	150	0,284	7,5	211	0,69
10	32	100	0,198	6,5	221	0,699
11	500	50	0,32	4,5	199	0,7
12	100	250	0,512	10,5	189	0,701
13	200	300	0,406	9,3	209	0,702
14	65	350	0,38	8,3	219	0,703
15	600	400	0,27	7,3	202	0,704
16	110	450	0,212	6,3	192	0,705
17	40	500	0,495	5,3	182	0,706
18	250	550	0,361	10,3	212	0,707
19	1000	200	0,499	9,7	222	0,708
20	400	150	0,146	8,7	205	0,709

Задача 5

Определить площадь кольцевого зазора для нижнего предела измерения ротаметра, равного Qr. Расчетная плотность воды – ρ, сечение поплавка – *f,* объем поплавка – *V,* плотность материала поплавка $\rho_п$, коэффициент расхода ротаметра постоянен и равен *α.* Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 5.

Таблица 5 - Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	$Q_Н$, л/ч	ρ, кг/м^3	f, мм^2	V, мм^3	$\rho_п$, кг/м^3	α
1	10	998,2	78,6	600	7870	0,98
2	11	998,1	78,4	500	7770	0,99
3	12	998,0	78,2	400	7670	0,987
4	13	997,9	78,0	600	7570	0,983
5	14	997,8	76,8	500	7470	0,981
6	15	997,6	76,4	400	7840	0,971
7	9	997,7	76,2	600	7740	0,97
8	8	997,5	76,0	500	7640	0,982
9	7	997,4	74,8	400	7540	0,978
10	6	997,3	74,6	600	7440	0,969
11	5	997,2	74,4	500	7810	0,989
12	10	997,1	74,2	400	7710	0,984
13	11	997,0	74,0	600	7610	0,973
14	12	996,9	72,8	500	7510	0,983
15	13	996,8	72,6	400	7410	0,979
16	14	996,7	72,4	600	7890	0,976
17	15	996,6	72,2	500	7790	0,974
18	9	996,5	72,0	400	7690	0,985
19	8	996,4	71,8	600	7590	0,977
20	7	996,3	71,6	500	7490	0,988

Задача 6

Определите значение ЭДС, индуцируемой в электромагнитном расходомере с диаметром проходного отверстия *D*, при расходе воды *Q*.

Индукция магнитного поля – *B*. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 6.

Таблица 6 - Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	D, мм	Q, м^3/ч	B, Тл
1	150	250	0,01
2	32	300	0,02
3	500	350	0,03
4	100	400	0,04
5	200	450	0,05
6	25	500	0,06
7	800	550	0,07

8	1200	200	0,08
9	50	150	0,09
10	160	100	0,10
11	80	50	0,11
12	300	250	0,12
13	225	300	0,13
14	65	350	0,14
15	600	400	0,15
16	110	450	0,16
17	40	500	0,17
18	250	550	0,18
19	1000	200	0,19
20	400	150	0,20

Раздел 5. Приборы для измерения уровня

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1.Назовите приборы для измерения уровня.

2.Конструкция, принцип работы, параметры приборов для измерения уровня.

2 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1.На чем основан принцип действия гидростатического уровнемера? (один правильный ответ)

1. на измерении температуры жидкости
2. на измерении определенной массы жидкости
3. на измерении давления, создаваемого уровнем жидкости
4. на измерении плотности жидкости

2.Каков основной недостаток емкостных уровнемеров? (один правильный ответ)

1. чувствительность к изменению диэлектрических свойств жидкости и емкости измерительных проводов
2. малый диапазон измеряемых уровней
3. малое выходное сопротивление
4. малое входное сопротивление

3.На чем основан принцип действия ультразвуковых уровнемеров? (один правильный ответ)

1. на эффекте преломления ультразвуковых волн
2. на эффекте усиления ультразвуковых волн

3. на эффекте поглощения ультразвуковых волн
4. на эффекте отражения ультразвуковых волг от границы раздела жидкости и газа

4.Для контроля уровня жидкостей применяются следующие виды уровнемеров (один правильный ответ)

1. Визуальные
2. Стандартные
3. Рупорные
4. Статические

5.Для чего в гидростатических уровнемерах устанавливают уравнительный сосуд? (один правильный ответ)

a) для выравнивания уровней
b) для выравнивания температур
c) для выравнивания давлений
d) для выравнивания скоростей жидкости
e) для выравнивания плотности

6.Как измеряют электрическую емкость в уровнемерах (один правильный ответ)

a) с помощью мостовых схем
b) с помощью компенсаторов
c) с помощью фарадметров
d) с помощью омметров
e) с помощью гальванометров

7.Для каких жидких сред электроды емкостных уровнемеров покрывают изоляцией? (один правильный ответ)

a) для проводящих
b) для вязких
c) для пленкообразующих
d) для кристаллизирующихся
e) для агрессивных

8.По какому принципу строится схема радиоизотопного уровнемера? (один правильный ответ)

a) по компенсационному принципу
b) по мостовому принципу
c) по принципу замещения
d) по принципу квантования
e) по принципу подобия

9.Из-за чего радиоизотопные уровнемеры применяют ограниченно (один правильный ответ)

a) из-за радиоактивного излучения;
b) из-за малой чувствительности
c) из-за низкой точности
d) из-за сложности настройки
e) из-за малого диапазона входных величин

10.На чем основан принцип действия ультразвуковых уровнемеров? (один правильный ответ)

a) на эффекте отражения ультразвуковых волг от границы раздела жидкости и газа
b) на эффекте преломления ультразвуковых волн
c) на эффекте поглощения ультразвуковых волн
d) на эффекте усиления ультразвуковых волн
e) на эффекте ослабления ультразвуковых волн

11.Для контроля уровня жидкостей применяются следующие виды уровнемеров (один правильный ответ)

a) Визуальные
b) Стандартные
c) Статические
d) Астатические
e) Рупорные

12.Длина водомерных стекол в визуальных уровнемерах не превышает _____ мм. (ответ целое число)

13.Рабочее давление водомерных стекол в визуальных уровнемерах не превышает _____*10 Па. (ответ число)

14.Пределы измерения уровня поплавкового уровнемера составляют 0-___ м (ответ целое число).

15.Под этим давлением подается сжатый воздух соплу в буйковых уровнемерах Н/м (один правильный ответ)

a) 1,37*10
b) 1,82*10
c) 2,4*10
d) 1,4*10
e) 1,6*10

16.Предел измерения буйковых уровнемеров составляет от 0 до **_____мм. (ответ целое число)**

17.Пределы измерения пьезометрических уровнемеров на воде составляет мм (один правильный ответ)

a) 250 – 4000
b) 350 - 2000
c) 450- 4000
d) 340 – 4200
e) 420- 4800

18.В качестве дифференциальных манометров-уровнемеров в гидростатических уровнемерах применяются (один правильный ответ)

Поплавковые
Униполярные
Межосные
Электронные
Радиоактивные

19.Электрические уровнемеры обеспечивают измерения уровня в диапазоне 0-**_____ м. (ответ целое число)**

20.Недостатком радиоактивных уровнемеров является (один правильный ответ)

a) опасность вредного воздействия на организм человека
b) низкая точность измерения
c) сложность эксплуатации
d) применение только в закрытых резервуарах
e) отсутствие возможности непрерывного измерение уровня

21. Для измерения уровня в резервуарах, находящихся под избыточным давлением с взрывоопасной жидкостью применяют (один правильный ответ)

a) уровнемер тросового типа
b) индикатор уровня типа ДиУ
c) указатель уровня типа УДУ-5
d) уровнемер емкостного типа
e) буйковые приборы

22. Гидростатическим методом измеряют (один правильный ответ)

a) уровень
b) разряжение
c) температуру
d) расход
e) давление

23. Установите соответствие между видами расходомеров и их определениями:

Поплавковый	5. Уровень определяется положением плавающего элемента (поплавка), находящегося на поверхности жидкой среды.
Гидростатический	6. Используется зависимость гидростатического давления от высоты столба жидкости для измерения уровня.
Радарный	7. Основана на посылке микроволновых импульсов и анализе времени задержки отраженных сигналов от поверхности жидкости.
Емкостной	8. Принцип действия основан на изменении электрической ёмкости между электродами при изменении уровня жидкости.
Кондуктометрический	9. Проводит замер электропроводности среды для отслеживания уровня. Подходит для жидкостей с высоким содержанием солей.
Магнитострикционный	10. Измеряет уровень жидкости с использованием эффекта магнитострикции, возникающего при взаимодействии магнитного поля и звукового

	сигнала.
Волноводный	11. Основа принципа работы — распространение акустической волны по волноводу и отражение её от границы раздела сред.
Реле уровня	12. Предназначены для сигнализации достижения заданного уровня жидкости или сыпучего продукта, часто используют механические контакты.
Лучевой	13. Основан на воздействии радиационного излучения, проникающего через материал, и замере ослабленного сигнала.
Ленточный (ленточный волновой)	14. Специальная лента погружается в жидкость и колебания ленты позволяют определить уровень. Обычно применяется для открытых резервуаров.
Ультразвуковой	15. Функционирует по принципу эхолокации: посылаются звуковые волны и измеряется время возвращения отраженного сигнала от поверхности жидкости.

3 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Задача 1

Определить значение уровня жидкости, измеренное акустическим преобразователем в резервуаре высотой *H* (м), если измеренное значение времени распространения колебаний составило *t* (мс). Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	*h*, м	*c*, м/с	*t*, мс
1	8	394	70,56
2	10	396	79,80
3	12	410	86,34
4	8	413	66,83
5	6	414	57,49
6	12	410	87,80
7	10	402	75,62
8	6	386	57,51
9	10	340	94,12
10	8	356	78,09
11	12	358	99,44
12	10	397	80,10

13	12	391	90,54
14	8	364	74,18
15	10	385	81,04
16	12	386	92,23
17	8	397	70,53
18	6	399	64,66
19	12	402	88,06
20	6	405	63,21

Раздел 6 Приборы для измерения состава

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1.Назовите приборы для измерения состава.

2.Конструкция, принцип работы, параметры приборов для измерения состава.

2 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1. На чем основана работа термомагнитных газоанализаторов (один правильный ответ)

a) на снижении магнитной восприимчивости кислорода с повышением температуры
b) на увеличении магнитной восприимчивости кислорода с повышением температуры
c) на постоянстве магнитной восприимчивости кислорода при изменении температуры
d) на изменении пробивного напряжения кислорода при повышении температуры
e) на изменении диэлектрической проницаемости кислорода с повышением температуры

2. Какое явление используется в газоанализаторах для измерения магнитной восприимчивости газовой смеси (один правильный ответ)

a) явление термомагнитной конвекции
b) явление гистерезиса
c) явление поляризации
d) явление электрического пробоя
e) явление статического накопления зарядов

3. На чем основан принцип работы тепловых газоанализаторов (один правильный ответ)

a) на измерении теплопроводности газовой смеси
b) на измерении электропроводности газовой смеси
c) на измерении диэлектрических потерь газовой смеси
d) на измерении магнитной восприимчивости газовой смеси
e) на измерении диэлектрической проницаемости газовой смеси

4. Для чего в схему теплового газоанализатора вводится мост сравнения (один правильный ответ)

a) для уменьшения влияния колебаний напряжения питания
b) для увеличения чувствительности схемы
c) для уменьшения тепловой инерционности
d) для увеличения пределов измерения
e) для увеличения порога чувствительности

5. Какое свойство газов используется в оптических газоанализаторах (один правильный ответ)

a) поглощать электромагнитные колебания в определенной частотной области
b) менять степень поляризации в определенной частотной области
c) менять температуру в определенной частотной области
d) менять давление в определенной частотной области
e) менять электропроводность в определенной частотной области

6. На чем основана работа хроматографических газоанализаторов (один правильный ответ)

a) на адсорбционном распределении газовых смесей и последующем определении их содержания
b) на спектральном анализе газовых смесей
c) на химическом анализе газовых смесей
d) на физическом анализе газовых смесей
e) на молекулярном анализе газовых смесей

7. Какой металл используется для измерения концентрации кислорода в воде (один правильный ответ)

a) Таллий
b) Тантал
c) Ниобий
d) Литий
e) Висмут

8. Сколько элементов одновременно способен определить в растворах квантометр (один правильный ответ)

a) 8
b) 3
c) 4
d) 6
e) 5

9. Приборы для определения состава и качества веществ (один правильный ответ)

a) газоанализаторы; хроматографы; pH-метры; рефрактометры; спектрометры
b) рефрактометры; pH-метры; ультразвуковые
c) индукционные; тахометрические; хроматографы
d) ультразвуковые; электромагнитные; pH-метры
e) рефрактометры; тахометрические; ультразвуковые

10. Единица измерения плотности в системе СИ _____. (обозначение единицы измерения в системе СИ)

11. Принцип действия газоанализатора для определения концентрации кислорода основан на (один правильный ответ)

a) магнитных свойствах кислорода
b) величине сопротивления чувствительного элемента
c) расхода газовой смеси
d) температуры окружающей среды
e) теплопроводности кислорода

12. К группе концентратомеров относятся (один правильный ответ)

a) солемеры, кислотомеры, щелочемеры
b) концентратомеры, солемеры
c) щелочемеры, расходомеры
d) газоанализаторы, напоромеры
e) хроматографы, психрометры

13. Принцип действия газоанализатора ТП основан на (один правильный ответ)

e) теплопроводности
f) взрывоопасности определяемого газа
g) активности определяемого газа
h) электропроводности определяемого газа
i) магнитных свойствах определяемого газа

14. Чувствительный элемент газоанализатора типа МН состоит из (один правильный ответ)

e) платиновой нити в стеклянном корпусе
f) проточных ячеек
g) стеклянного корпуса
h) сигнализатора
i) мерной камеры

15. Принцип действия солемеров основан на (один правильный ответ)

e) изменении электропроводности измеряемого раствора
f) возникновении термо-ЭДС
g) изменении температуры раствора
h) изменении расхода раствора
i) изменении давления раствора

16. Газоанализаторы проверяют (один правильный ответ)

e) по 3-м точкам шкалы – начало, середина, конец
f) по 1-ой точке шкалы – середина
g) по 1-ой точке шкалы – начало
h) по 2-м точкам шкалы – начало и конец
i) по 2-м точкам шкалы – начало и середина

17. Термомагнитные газоанализаторы применяют для определения в газах и газовых смесях (один правильный ответ)

e) кислорода
f) водорода
g) азота
h) углекислого газа
i) метана

18. Установите соответствие между типом газоанализтора и его определением:

Хроматографические	5. Приборы, использующие хроматографию для разделения компонентов газовой смеси и их количественного анализа.
Химико-аналитические	6. Средства анализа, действующие на основе химической реакции определяемого компонента с реагентом, приводящей к появлению видимого признака (цвета, запаха, осадка).
Электрохимические	7. Основываются на химическом взаимодействии между газом и электролитом с последующим регистрацией электрических показателей (силы тока, потенциала).
Инфракрасные	8. Измеряют концентрацию газа по спектру поглощения инфракрасного излучения характерного для конкретного газа.
Магнетохимические	9. Измеряют концентрации кислорода или водорода, основываясь на различиях магнитных свойств этих газов.
Люминесцентные	10. Работа основана на фотолюминесценции, вызванной взаимодействием газа с ультрафиолетовым светом.
Каталитические	11. Анализируют состав газовой смеси по количеству тепла, выделившегося при каталитическом окислении горючих компонентов.
Парамагнитные	12. Применяются для измерения содержания кислорода благодаря его парамагнитным свойствам (чувствительности к воздействию магнита).
Фотоакустические	13. Действуют на принципе фотоакустики: поглощённый оптический луч вызывает вибрацию, которую

	регистрируют микрофоны.
Элементарные индикаторы	14. Самые простые приборы, содержащие индикаторные трубки с реактивами, меняющими цвет при контакте с определенным газом.

19. Установите соответствие между типами анализаторов составов растворов и их определениями:

Титриметрические	5. Анализатор, основанный на методе титрования, где точное количество реагента добавляется до точки эквивалентности раствора.
Колориметрические	6. Измеряют концентрацию веществ по цвету раствора, сопоставляя полученный оттенок с эталоном или шкалою интенсивностей цвета.
Потенциометрические	7. Используют разницу потенциалов между рабочим и сравнительным электродами для выявления концентрации определенных ионов в растворе.
Рефрактометрические	8. Основанные на измерении показателя преломления света раствором, что связано с его составом и концентрацией растворенных веществ.
Поляриметрические	9. Применяют способность некоторых соединений изменять плоскость поляризации света, что позволяет выявить наличие и концентрацию оптически активных веществ.
Амперометрические	10. Определяют состав раствора по изменениям силы тока, возникающих при прохождении электричества через раствор, содержащий электроактивные компоненты.
Кондуктометрические	11. Измеряют электропроводность раствора, связывая её с количеством и типом присутствующих ионов.
Кулонометрические	12. Выполняют полный электрохимический анализ раствора, измеряя суммарный заряд, необходимый для полного превращения определенного компонента раствора.
Ферментативные	13. Основаны на применении ферментов, вступающих в реакцию с компонентами раствора, вызывая легко обнаруживаемые изменения (чаще всего изменением окраски).
Нефелометрические	14. Измеряют мутность раствора, характеризуя присутствие взвешенных частиц или коллоидных растворов.
Флотационные	15. Основаны на отделении компонентов раствора с

	различной плотностью и смачиваемостью, применимы для разделения минералов и взвесей.
Капиллярные	16. Используются для аналитического разделения компонентов сложных растворов методом капиллярного электрофореза.

20. Установите соответствие между измерителями показателей раствора и их определениями:

TDS-метр	5. Прибор для измерения общего содержания растворимых примесей в воде, выражающегося в мг/л или ppm.
pH-метр	6. Устройство для измерения водородного показателя раствора, показывающего кислотность или щелочность среды.
Солемер	7. Приборы для прямого измерения массовой доли солей в виде ионов в растворах.
Иономер	8. Электронный прибор для измерения активности отдельных в водных растворах.
Кондуктометр	9. Устройство для измерения удельной электрической проводимости растворов, связанной с наличием и подвижностью ионов. Позволяет косвенно оценить общее солесодержание.

21. _____ – прибор для измерения концентрации основного вещества в растворе или смеси. Может использоваться для контроля однородности растворов или дозирования концентрированных продуктов. (ответ существительное в единственном числе)

22. _____ – прибор, применяемый специально для измерения уровня щелочности растворов. (ответ существительное в единственном числе)

23._____ – прибор, применяемый специально для измерения уровня кислотности в растворах. (ответ существительное в единственном числе)

24. _____ – прибор, применяемый специально для измерения содержания растворенного O_2 в воде. (ответ существительное в единственном числе)

3 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Задача 1

Определить концентрации компонентов в бинарной смеси газов, если теплоотвод от нити диаметром d (мм) и длиной l (мм) с температурой $t_н$ (°С) к стенке камеры диаметров D (мм) и температурой $t_с$ (°С) составил Q (Вт). Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	Смесь газов	Q, Вт	l, мм	D, мм	d, мм	$t_с$, °С	$t_н$, °С
1	Азот-кислород	1,2	20	5,2	0,02	75	130
2	Азот-воздух	1,3	19	5,3	0,01	78	140
3	Азот-диоксид углерода	0,5	18	5,4	0,03	42	150
4	Метан-азот	1,1	20	5,8	0,02	78	145
5	Воздух-диоксид угле- рода	0,2	21	6,0	0,01	80	143
6	Гелий-воздух	6,7	22	4,8	0,02	85	144
7	Оксид углерода-воздух	6,8	23	4,9	0,03	82	148
8	Водород-воздух	0,3	24	4,3	0,01	84	152
9	Кислород-воздух	0,2	25	5,0	0,02	83	154
10	Воздух-пары воды	0,7	26	4,8	0,03	170	250
11	Воздух-оксид углерода	0,2	27	4,3	0,05	85	126
12	Воздух-метан	5,3	28	4,5	0,05	80	128
13	Аргон-гелий	5,0	29	4,6	0,05	81	132
14	Кислород-диоксид серы	1,0	30	5,0	0,06	19	134
15	Кислород-аргон	0,2	21	5,2	0,04	18	140
16	Воздух-аргон	0,3	28	5,5	0,03	22	146
17	Воздух-гелий	14,0	26	6,0	0,05	21	148
18	Азот-водород	12,0	20	5,4	0,03	26	150
19	Метан-кислород	2,0	22	5,3	0,02	23	140
20	Диоксид серы-водород	25,0	21	5,5	0,02	24	143

Задача 2

Ячейка, постоянная которой равна K ($м^{-1}$), заполнена раствором, при этом ее сопротивление составляет $R_я$ (МОм). Определить концентрацию раствора, если известно, что зависимость между концентрацией раствора C и удельной электропроводностью χ_0 описывается уравнением $\chi_0 = a \cdot C$. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3 – Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	K, $м^{-1}$	$R_я$, МОм	$a \cdot 10^{-8}$, (См/м)/(мг/л)
1	11,2	5,5	1,75
2	10,2	5,4	1,76

3	11,3	5,3	1,77
4	11,2	5,2	1,78
5	11,3	5,0	1,79
6	10,9	5,3	1,80
7	10,8	5,4	1,81
8	10,1	5,9	1,85
9	11,2	5,8	1,74
10	11,3	5,9	1,73
11	10,1	4,0	1,72
12	10,3	4,5	1,77
13	10,2	4,6	1,79
14	10,4	4,8	1,80
15	10,6	4,9	1,81
16	10,5	4,7	1,71
17	10,9	4,5	1,75
18	10,8	4,3	1,72
19	10,2	4,4	1,73
20	11,0	4,2	1,74

5 Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации

5. Что такое термические методы измерения теплофизических величин?
6. Что такое дифференциальный термический метод измерения теплофизических величин?
7. Что такое температурный гистерезис измерения теплофизических величин?
8. Что такое калориметрический метод измерения теплофизических величин?
9. Что такое метод дифференциальной сканирующей калориметрии измерения теплофизических величин?
10. Что такое дилатометрический метод измерения теплофизических величин?
11. Что такое дифференциальный дилатометрический метод измерения теплофизических величин?
12. Что такое измерение?
13. По каким признакам классифицируют измерения и какие виды их существуют?
14. Что такое средство измерения?
15. Какие основные виды средств измерений существуют?
16. Назовите приборы для измерения температуры.
17. Конструкция, принцип работы, параметры приборов для измерения температуры.
18. Назовите приборы измерения давления и разряжения.
19. Конструкция, принцип работы, параметры приборов для измерения давления и разряжения.
20. Назовите приборы для измерения расхода.

21. Конструкция, принцип работы, параметры приборов для измерения расхода.
22. Назовите приборы для измерения уровня.
23. Конструкция, принцип работы, параметры приборов для измерения уровня.
24. Назовите приборы для измерения состава.
25. Конструкция, принцип работы, параметры приборов для измерения состава.
26. Конструкция, принцип работы, применение дифманометров.
27. Конструкция, принцип работы, применение манометрических термометров.
28. Конструкция, принцип работы, применение оптических пирометров.
29. Конструкция, принцип работы, применение инфракрасных термометров.
30. Конструкция, принцип работы, применение ротаметров.
31. Конструкция, принцип работы, применение электромагнитных расходомеров.
32. Конструкция, принцип работы, применение газовых хроматографов.
33. Конструкция, принцип работы, применение pH-метров.
34. Конструкция, принцип работы, применение дифманометрических расходомеров.
35. Конструкция, принцип работы, применение термометров сопротивления.
36. Конструкция, принцип работы, применение дилатометрических термометров.
37. Конструкция, принцип работы, применение термометров на основе термопар.