Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 02.09.2023 15:24:12
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДЕНО
Декан Факультета урбанистики и городского хозяйства
К.И. Лушин
«____» _____ 2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Метрология, технические измерения и управление процессами в энергетике»

Направление подготовки
13.03.03 Энергетическое машиностроение

Профиль
Автоматизированные энергетические установки

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва
2022

1. Цели освоения дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины «Метрология, технические измерения и управление процессами в энергетике» следует отнести:

– формирование знаний о современных принципах, методах и системах оптимального управления технологическими процессами, связанными с производством, передачей, распределением и использованием теплоты;

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению, в том числе формирование умений по выявлению необходимых усовершенствований и разработке новых, более эффективных методов расчета, и проектирования.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Метрология, технические измерения и управление процессами в энергетике» следует отнести:

– ознакомление с принципами управления сложными техническими объектами, основами метрологии, измерительными приборами и средствами управления технологических процессов, принципами сертификации;

– дать информацию о новых направлениях в управление процессами в отечественной и зарубежной практике;

– развивать способности объективно оценивать преимущества и недостатки измерений и их элементов;

– научить анализировать существующие системы и их элементы, разрабатывать и внедрять необходимые изменения в их структуре с позиций повышения эффективности и энергосбережения;

– научить анализировать результаты моделирования, производить поиск оптимизационного решения с помощью всевозможных методов.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Метрология, технические измерения и управление процессами в энергетике» относится к числу профессиональных учебных дисциплин базовой части блока 1 основной образовательной программы бакалавриата.

«Метрология, технические измерения и управление процессами в энергетике» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

– Теплотехника;
– Гидрогазодинамика;
– Электротехника и электроника;
– Тепломассообмен;
– Физика;
– Теоретическая механика.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-3	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	**знать:** методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией **уметь:** собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией **владеть:** методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией
ОПК-6	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности	**знать:** – методы и средства измерений, цифровые измерительные приборы; – назначение и принцип действия средств измерения; – оценку погрешностей при измерениях, информационно-измерительные системы, методики проведения теплотехнических измерений; основы теории автоматического управления производственными процессами. **уметь:** выбирать средства измерений применительно к объектам профессиональной деятельности, проводить измерения величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность.

		владеть: навыками проведения измерений величин на объектах профессиональной деятельности

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **5** зачетных единиц, т.е. **180** академических часа (из них **108** часа – самостоятельная работа студентов).

Структура и содержание дисциплины «Метрология, технические измерения и управление процессами в энергетике» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины

Четвертый семестр

Введение.

Предмет, задачи и содержание дисциплины.

Тема 1. Метрология

Объекты и методы измерений, виды контроля. Средства измерений. Погрешность измерений. Обеспечение единства измерений. Система СИ. Классификация измерений и методов измерений. Погрешности, систематизация погрешностей, погрешности измерительных устройств, классы точности приборов.

Тема 2. Сертификация и стандартизация

Основные понятия, цели и объекты сертификации. Системы сертификации. Правила и порядок проведения сертификации. Основные понятия и система стандартизации.

Тема 3. Технические измерения

Линейные и угловые измерения. Измерения электрических и магнитных величин. Классификация приборов, измеряющих температуру. Термометры расширения. Манометрические термометры. Термометры сопротивления. Термоэлектрические термометры. Приборы, работающие в комплекте с термометрами сопротивления и термопарами, стандартные градуировки

Тема 4. Автоматическая система регулирования и её элементы

Назначение и основные функции АСУ. Структурные схемы АСР. Временные характеристики динамических звеньев и систем. Частотные характеристики. Типовые динамические звенья. Соединения типовых звеньев. Основные законы регулирования. Критерии устойчивости линейных динамических систем. Показатели качества процессов регулирования. Выбор типа и расчёт настроек автоматического регулятора.

Тема 5. Технические средства управления процессами

Классификация технических средств. Схемы подключения источников сигнала к потребителям. Регулирующие блоки, пусковые устройства и исполнительные механизмы электрических регуляторов. Логические функции и их минимизация. Синтез комбинационных схем. Микропроцессорные системы логического управления.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Метрология, технические измерения и управление процессами в энергетике» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков, обучающихся:

– подготовка к выполнению практических работ в аудиториях вуза;

– обсуждение и защита лабораторных работ по дисциплине;

– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме тестирования.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «**Метрология, технические измерения и управление процессами в энергетике**».

Проведение занятий предусматривается также на сайте http://online.mospolytech.ru на основе разработанных кафедрой «Промышленная теплоэнергетика» электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем темам дисциплины:

Дисциплина	Ссылка
Метрология, технические измерения и управление процессами в энергетике (часть 1)	https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=726
Метрология, технические измерения и управление процессами в энергетике (часть 2)	https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=5939

Разработанные ЭОР включают промежуточные и итоговые тесты.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- выполнение лабораторных работ (по заданию выданное преподавателем).

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита лабораторных работ.

Образцы тестовых заданий, лабораторных работ, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, приведены в приложении 2.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-3	Способен применять соответствующий физико- математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
ОПК-6	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ОПК-3 – Способен применять соответствующий физико- математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального

исследования при решении профессиональных задач				
Знать: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией, свободно оперирует приобретенным и знаниями
уметь: собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией, выполнять проектные расчеты	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией. Допускаются	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией. Умения	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией. Свободно

		значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации	освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации	оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности
владеть: методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Обучающийся владеет методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях	Обучающийся частично владеет методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации	Обучающийся в полном объеме владеет методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности
ОПК-6 - Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности				
Знать: методы и средства	Обучающийся демонстрирует полное	Обучающийся демонстрирует неполное	Обучающийся демонстрирует частичное	Обучающийся демонстрирует полное

измерений, цифровые измерительные приборы; назначение и принцип действия средств измерения; оценку погрешностей при измерениях, информационно-измерительные системы, методики проведения теплотехнических измерений; основы теории автоматического управления производственными процессами.	отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методы и средства измерений, цифровые измерительные приборы; назначение и принцип действия средств измерения; оценку погрешностей при измерениях, информационно-измерительные системы, методики проведения теплотехнических измерений; основы теории автоматического управления производственными процессами.	соответствие следующих знаний: методы и средства измерений, цифровые измерительные приборы; назначение и принцип действия средств измерения; оценку погрешностей при измерениях, информационно-измерительные системы, методики проведения теплотехнических измерений; основы теории автоматического управления производственными процессами. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации	соответствие следующих знаний: методы и средства измерений, цифровые измерительные приборы; назначение и принцип действия средств измерения; оценку погрешностей при измерениях, информационно-измерительные системы, методики проведения теплотехнических измерений; основы теории автоматического управления производственными процессами., но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях	соответствие следующих знаний: методы и средства измерений, цифровые измерительные приборы; назначение и принцип действия средств измерения; оценку погрешностей при измерениях, информационно-измерительные системы, методики проведения теплотехнических измерений; основы теории автоматического управления производственными процессами., свободно оперирует приобретенными знаниями
уметь: выбирать средства измерений применительно к объектам	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выбирать средства	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений:	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений:	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений:

профессиональной деятельности, проводить измерения величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность	измерений применительно к объектам профессиональной деятельности, проводить измерения величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность	выбирать средства измерений применительно к объектам профессиональной деятельности, проводить измерения величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации	выбирать средства измерений применительно к объектам профессиональной деятельности, проводить измерения величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации	выбирать средства измерений применительно к объектам профессиональной деятельности, проводить измерения величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность. Свободно оперирует приобретенным и умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности
владеть: навыками проведения измерений величин на объектах профессиональной деятельности	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками проведения измерений величин на объектах профессиональной деятельности	Обучающийся владеет навыками проведения измерений величин на объектах профессиональной деятельности в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду	Обучающийся частично владеет навыками проведения измерений величин на объектах профессиональной деятельности, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при	Обучающийся в полном объеме владеет навыками проведения измерений величин на объектах профессиональной деятельности, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности

		показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях	аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации	

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетворительно	Не выполнены обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой

	дисциплины, или студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложениях к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Баранникова, И.В. Метрология, стандартизация, сертификация в АСУ: учебное пособие для вузов / И.В. Баранникова, А.В. Ландер. - М.: Горная книга, 2011. - 91 с. - ISBN 978-5-98672-260-3; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://www.knigafund.ru/books/176421

2. Радкевич Я.М., Схиртладзе А.Г., Лактионов Б.И. Метрология, стандартизация и сертификация. Учебник для вузов. — М.: Издательство Московского государственного горного, 2003. — 784 с.: ил. - ISBN 5-7418-0201-X; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://www.knigafund.ru/books/177868.

б) дополнительная литература:

1. Востоков В.М. Метрология, стандартизация и сертификация. Статистическое управление качеством и оценка экологического риска химических и биопроизводств: учеб. пос. / В.М. Востоков; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Нижний Новгород, 2012. - 150 с. ISBN 978-5-93272-984-7; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://www.nntu.ru/sites/default/files/file/svedeniya-ob-ngtu/ifhtim/obrazovanie/och/bak/19.03.01-b/pb/metod/Metod_mkisbp_pb_19.03.01b_msissukioerhib_up.pdf

2. Сборник задач и вопросов по курсу "Физические основы измерений и эталоны": М-во образования и науки России, Федеральное гос. автономное образовательное учреждение высш. проф. образования "Казанский нац. исслед. технологический ун-т"; [сост. А. Ф. Дресвянников, И. Д. Сорокина]. - Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. – 180с.; [Электронный ресурс]. - URL: http://www.knigafund.ru/books/186755

3. Федеральный закон "Об обеспечении единства измерений" от 26.06.2008 N 102-ФЗ.http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/

4. Федеральный закон "О техническом регулировании" от 27.12.2002 N 184-ФЗ http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:

1. КонсультантПлюс http://www.consultant.ru/#
2. Справочник метролога http://infom.metrologu.ru/

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Мультимедийная аудитория кафедры «Промышленная теплоэнергетика» Ауд. Ав2415, Ав2404 оснащенная оргтехникой и мультимедиа средствами (проектор, ПК и др.).

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Марюшин Л.А., Сенникова О.Б., Савельев И.Л. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов. Направление подготовки: 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Автоматизированные энергетические установки». – М.: Изд-во Московского политеха, - 46 с.

10. Методические рекомендации для преподавателя

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый интерактивный подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Тема занятий	Виды учебных занятий	Средства обучения	Методы обучения	Формы текущего контроля
Тема 1	Лекции	Интерактивная презентация. Записи на доске.	Чтение лекций, метод беседы.	
	Практическое занятие	Интерактивная презентация. Записи на доске.	Метод постановки и решения задач.	

Тема 2	Лекции	Схемы оборудования в виде слайдов и плакатов. Записи на доске.	Чтение лекций, метод беседы.	
	Лабораторная работа	Экспериментальная установка	Проведение экспериментов	Защита работы
Тема 3	Лекции	Системы и оборудование в виде слайдов. Записи на доске.	Чтение лекций, метод беседы.	
	Практическое занятие	Решение задач. Записи на доске.	Метод постановки и решения задач.	
	Лабораторная работа	Экспериментальная установка	Проведение экспериментов	Защита работы
Тема 4	Лекции	Интерактивная презентация. Записи на доске.	Чтение лекций, метод беседы.	
	Практическое занятие	Решение задач. Записи на доске.	Метод постановки и решения задач.	Тестовое задание
Тема 5	Лекции	Интерактивная презентация. Записи на доске.	Чтение лекций, метод беседы.	

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение и профиль Автоматизированные энергетические установки.

Авторы

Старший преподаватель
кафедры «Промышленная теплоэнергетика» Е.А. Чугаев

Программа обсуждена на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика». Протокол от 26 мая 2022 г. № 11.

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент Л.А. Марюшин

Руководитель ООП И.Л. Савельев

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «Метрология, технические измерения и управление процессами в энергетике»
по направлению подготовки 13.03.01 «Энергетическое машиностроение»

	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов				Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	Т	К	Реферат	К/р	Э	З
Тема 1	**Метрология.** Объекты и методы измерений, виды контроля. Средства измерений. Погрешность измерений. Обеспечение единства измерений.	4	1-3	6			12							
	Семинарское занятие. "Система измерения СИ. Определение погрешности и обработка результатов". Выдача тем рефератов.	4	2		6						+			
Тема 2	**Сертификация и стандартизация.** Основные понятия, цели и объекты сертификации. Системы сертификации. Правила и порядок проведения сертификации. Основные понятия и система стандартизации.	4	3-5	6			20							
	Лабораторная работа. "Допуски и посадки".	4	5			10								
Тема 3	**Технические измерения.** Линейные и угловые измерения. Измерения электрических и магнитных величин. Измерения температуры.	4	6-9	8			30							
	Семинарское занятие. "Определение теплотехнических параметров: температуры, давления, расхода и др.".	4	9		6						+			
	Лабораторная работа. "Приборы теплотехнического контроля и обозначение основных метрологических характеристик".	4	10			8								
Тема 4	**Автоматическая система регулирования и её элементы.** Назначение и основные функции АСУ. Структурные схемы АСР. Временные характеристики динамических звеньев и систем.	4	11-14	8			24							

	Частотные характеристики. Типовые динамические звенья. Соединения типовых звеньев. Основные законы регулирования. Критерии устойчивости линейных динамических систем. Показатели качества процессов регулирования. Выбор типа и расчёт настроек автоматического регулятора.													
	Семинарское занятие. "Математический анализ АСУ".	4	13		4				+					
Тема 5	**Технические средства управления процессами.** Классификация технических средств. Схемы подключения источников сигнала к потребителям. Регулирующие блоки, пусковые устройства и исполнительные механизмы электрических регуляторов. Логические функции и их минимизация. Синтез комбинационных схем. Микропроцессорные системы логического управления.	4	15-18	8			22							
	Семинарское занятие. Защита рефератов.	4	17-18		2						+			
		4											Э	
		4	180	36	18	18	108	0	0	0	0	0		

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 13.03.01 Энергетическое машиностроение
ОП (профиль): «Автоматизированные энергетические установки»
Форма обучения: очная

Кафедра: «Промышленная теплоэнергетика»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Метрология, технические измерения и управление процессами в энергетике»

Состав:
1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Оценочные средства
3. Темы рефератов
4. Фонд тестовых заданий
5. Примеры задач для семинарских занятий
6. Примерный перечень вопросов для проведения экзамена

Москва
2022

1. Паспорт фонда оценочных средств

Метрология, технические измерения и управление процессами в энергетике					
ФГОС ВО 13.03.03 Энергетическое машиностроение					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования**	**Форма оценочного средства**	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
ОПК-3	Способен применять соответствующий физико- математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	**знать:** методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией **уметь:** собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией **владеть:** методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Лекция, семинарские занятия, лабораторные занятия, решение ситуационных задач, СРС	Экзамен, выполнение расчетной работы по индивидуальному заданию	Базовый уровень: способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией в стандартных производственных ситуациях Повышенный уровень: способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией в нестандартных производственных ситуациях с их последующим анализом
ОПК-6	Способен проводить	**знать:**	Лекция, семинарские	Экзамен, выполнение	

	измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности	– методы и средства измерений, цифровые измерительные приборы; – назначение и принцип действия средств измерения; – оценку погрешностей при измерениях, информационно-измерительные системы, методики проведения теплотехнических измерений; основы теории автоматического управления производственными процессами. **уметь:** выбирать средства измерений применительно к объектам профессиональной деятельности, проводить измерения величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность. **владеть:** навыками проведения измерений величин на объектах профессиональной деятельности	занятия, лабораторные занятия, решение ситуационных задач, СРС	расчетной работы по индивидуальному заданию	

2. Оценочные средства

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1.	Разноуровневые задачи и задания (РЗЗ)	Различают задачи и задания: а) репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины; б) реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно- следственных связей; в) творческого уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.	Комплект разноуровневых задач и заданий
2.	Устный опрос, собеседование (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы для подготовки к экзамену
3.	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
4.	Реферат (Р)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.	Темы рефератов

3. Темы рефератов

1. Основные методы измерения.
2. Сертификация
3. Сертификация как вид деятельности
4. Субъекты сертификации
5. Порядок проведения сертификации
6. Сертификация продукции
7. Порядок проведения обязательной и добровольной сертификации
8. Участники процесса сертификации
9. Компетентности сертификации
10. Декларация о соответствии
11. Знак соответствия в системе сертификации
12. Национальный орган по сертификации – Госстандарт России
13. Средства сертификации
14. Нормативная база по сертификации
15. Основные схемы сертификации продукции
16. Система качества
17. Сертификация и аккредитация объекта
18. Меры, длины и угловые меры.
19. Погрешность средств измерений.
20. Основные виды термоэлектрических преобразователей.
21. Манометрические термометры.
22. Бесконтактные средства измерения температуры (пирометры).
23. Дифференциальные манометры.
24. Манометры.
25. Расходомеры и счетчики газов.
26. Математические модели технологических объектов управления (ТОУ).

4. Фонд тестовых заданий

1) Метрология это:
1. Наука об измерениях физических величин, методах и средствах обеспечения их единства;
2. Наука об измерениях технических величин, методах и средствах обеспечения их единства;
3. Наука об измерениях тепловых величин, методах и средствах обеспечения их единства;
4. Наука об измерениях различных величин, методах и средствах подтверждения их единства;
2) Измерение это:
1. Нахождение значения физической величины расчетным путем с помощью специальных технических средств;
2. Нахождение значения физической величины опытным путем с помощью образцовых средств;
3. Нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств;
4. Нахождение значения искомой функции опытным путем с помощью специальных технических средств;
3) Единица физической величины – это физическая величина:
1. Которой по определению присвоено значение, равное 1.
2. Которой по определению присвоено значение, равное 2.
3. Которой по определению присвоено значение, равное 100%.
4. Которой по определению присвоено значение, отнесенное к 1.
4) Средство измерений это:
1. Измерительный прибор, используемый при измерениях и имеющий нормированные метрологические свойства.
2. Техническое средство, используемое при измерениях и имеющее фиксированные метрологические свойства.
3. Средство измерения, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства.
4. Техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства.
5) Измерительный прибор это:
1. Средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.
2. Измерительный преобразователь, предназначенный для выработки сигнала измерительной информации.
3. Средство сравнения с мерой, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

4. Средство преобразования сигнала, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.
6) Вспомогательное средство измерений это:
1. Средство измерения величин, влияющих на физические свойства другого средства измерений при его применении.
2. Средство измерения величин, влияющих на метрологические свойства другого средства измерений при его применении.
3. Средство измерения величин, влияющих на технические свойства другого средства измерений при его применении.
4. Средство измерения величин, влияющих на различные характеристики другого средства измерений при его применении.
7) Методы прямых измерений это:
1. Метод непосредственной оценки, дифференциальный метод, нулевой метод и метод совпадений.
2. Метод непосредственной оценки, нулевой метод и метод совпадений.
3. Дифференциальный метод, нулевой метод и метод совпадений.
4. Метод непосредственной оценки, дифференциальный метод.
8) Прямыми называются измерения, при которых:
1. Искомое значение величины находят непосредственно из расчетов.
2. Искомое значение величины находят непосредственно из таблиц.
3. Искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных.
4. Искомое значение величины находят непосредственно по результатам численного анализа.
9) Совместные измерения это:
1. Производимые одновременно измерения двух или нескольких разноименных величин для нахождения зависимости между ними.
2. Производимые одновременно измерения двух или нескольких одноименных величин для нахождения зависимости между ними.
3. Производимые измерения двух или нескольких одноименных величин для нахождения зависимости между ними.
4. Производимые одновременно измерения двух или нескольких одноименных величин для нахождения комплекса данных.
10) Метод совпадения:
1. характеризуется совпадением величин периодических сигналов;
2. характеризуется использованием совпадения параметров шкал или периодических сигналов;
3. характеризуется использованием совпадения отметок шкал или периодических сигналов;
4. нет правильных ответов.
11) Метод замещения:
1. когда измеряемую величину замещают неизвестной величиной;
2. когда измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой;

3. когда измеряемую величину измеряют известной величиной, воспроизводимой мерой;
4. когда измеряемую величину сопоставляют с известной величиной.
12) При использовании разностного метода:
1. требуется мера, значение которой близко к значению истинного значения;
2. требуется мера, значение которой близко к значению измеряемой величины;
3. требуется величина, значение которой близко к значению измеряемой величины;
4. нет правильных ответов.
13) Нулевой метод заключается в следующем:
1. измеряемую величину сравнивают с величиной, значение которой измерено с заданной точностью;
2. нет правильных ответов;
3. измеряемую величину сравнивают с величиной, значение которой известно;
4. измеряемую величину сравнивают с истинной величиной.
14) Разностный или дифференциальный метод:
1. характеризуется измерением разности между измеряемой величиной и заданной величиной;
2. характеризуется измерением разности между измеряемой величиной и мерой;
3. нет правильных ответов;
4. характеризуется измерением разности между измеряемой величиной и величиной, значение которой неизвестно.
15) Измерение при помощи интегрирующего измерительного прибора:
1. является методом непосредственной оценки;
2. является нулевым методом;
3. нет правильных ответов;
4. является методом сравнения с мерой.
16) Продолжите фразу: «Специальный эталон…»
1. Воспроизводит единицу в особых условиях и заменяет при этих условия первичный эталон.
2. Воспроизводит размер параметра в особых условиях и заменяет при этих условия первичный эталон;
3. Равен единице в особых условиях и заменяет при этих условия первичный эталон;
4. Воспроизводит единицу в особых условиях измерения.
17) Первичный или специальный эталон называется:
1. федеральным.
2. отраслевым.
3. государственным.
4. зарегистрированным.
18) Эталон-копия предназначен для:
1. передачи технической информации рабочим эталонам.

2. передачи размеров единиц измерительным системам.
3. передачи размеров единиц измерительным преобразователям.
4. передачи размеров единиц рабочим эталонам.
20) Эталон-свидетель предназначен для:
1. Проверки сохранности государственного эталона и для замены его в случае порчи или утраты.
2. Проверки надежности государственного эталона и для замены его в случае порчи или утраты.
3. Оценки параметров государственного эталона и для замены его в случае порчи или утраты.
4. Проверки точности образцовых средств измерений и для замены его в случае порчи или утраты.
21) Рабочий эталон применяют для:
1. Передачи размера единицы образцовым средствам измерений высшей точности;
2. Передачи информации о измеряемом объекте образцовым средствам измерений высшей точности;
3. Передачи сигнала образцовым средствам измерений высшей точности;
4. Передачи свойств единицы образцовым средствам измерений высшей точности;
22) Поверка средств измерений это:
1. Определение федеральным органом погрешности средств измерений и установления его пригодности к применению.
2. Определение метрологическим органом погрешности средств измерений и установления его пригодности к применению.
3. Определение контролирующим органом погрешности средств измерений и установления его пригодности к применению.
4. Определение специальной службой погрешности средств измерений и установления его пригодности к применению.
23) Рабочее средство измерений применяют для:
1. Измерений, не связанных с передачей свойств объекта.
2. Измерений, не связанных с передачей информации об измеряемой величине.
3. Измерений, связанных с передачей размеров единиц.
4. Измерений, не связанных с передачей размеров единиц.
24) Вторичные эталоны по назначению делятся на:
1. эталоны-копии, эталоны сравнения, эталоны-свидетели и рабочие эталоны.
2. эталоны-копии, эталоны-свидетели и рабочие эталоны.
3. эталоны-копии и эталоны сравнения.
4. эталоны сравнения, эталоны-свидетели и рабочие эталоны.
25) Угловые меры выполняют в виде:
1. призм;
2. конусов;
3. параллелепипедов;
4. линз.

26) Угловые меры предназначены для:
1. хранения и передачи единицы плоского угла;
2. для поверки и градуировки угломерных приборов и угловых шаблонов;
3. для контроля углов изделий;
4. все ответы правильные.
27) Концевые меры обладают способностью:
1. истираться при их надвигании одну на другую;
2. притираться при их надвигании одну на другую;
3. притираться при их соединении;
4. нет правильных ответов.
28) Притираемость мер объясняется:
1. нет правильных ответов;
2. свойствами кристаллической решетки;
3. их молекулярным притяжением;
4. их химическим составом.
29) Плоскопараллельные концевые меры длины:
1. применяют для передачи размера от рабочего эталона единицы длины до изделия;
2. применяют для передачи размера от измерительного прибора до изделия;
3. применяют для передачи свойств от рабочего эталона до изделия;
4. нет правильных ответов.
30) Плоскопараллельные концевые меры длины применяют для:
1. установки измерительных инструментов и приборов на начальную отметку шкалы;
2. установки измерительных инструментов и приборов на нуль;
3. нет правильных ответов;
4. поверки измерительных инструментов и приборов.
31) Штриховые меры длины используют в качестве:
1. эталонов;
2. образцовых и рабочих штриховых мер;
3. в виде шкал измерительных приборов;
4. все ответы правильные.
32) Единство измерений:
1.состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности измерений известны с заданной вероятностью;
2. состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности измерений известны с долей вероятности;
3. состояние измерений, при котором их результаты выражены единицах и погрешностях;
4.нет правильного ответа;

5. Примеры задач для семинарских занятий

1. Определите абсолютное и относительное изменение показаний газового манометрического термометра, вызванное изменением барометрического давления от 100,45 до 96,45 кПа. Шкала прибора 0 – 100°С, что соответствует изменению давления от 0,67 до 0,92 МПа. Прибор показывает температуру 80 °С. Шкала прибора равномерная.

Решение: Изменение барометрического давления составляет 4 кПа. Так как измерительные приборы манометрических термометров измеряют избыточное давление, то показания прибора будут завышены на 4 кПа. Шкала газового термометра равномерная, и по давлению диапазон шкалы составляет 250 кПа. Таким образом, показания термометра будут завышены на $100 \cdot \frac{4}{250} = 1{,}6$°С. Абсолютная погрешность на отметке 80 °С:

$$\delta = \frac{+1{,}6}{80} \cdot 100 = +2\%$$

2. Яркостная температура слитка металла, измеренная квазимонохроматическим пирометром в пяти различных точках, оказалась следующей: 975, 1005, 945, 950, 987 °С. Полагаем, что действительная температура во всех точках одинакова. Разница в яркостных температурах вызвана систематической погрешностью за счет окислов на поверхности.
Определите доверительный интервал для p=0,9, если было произведено 10 измерений температуры слитка:

Таблица 1

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t, °C	975	1005	945	950	987	967	953	980	980	990

Решение: По своей природе погрешность за счет неполноты излучения является систематической, однако значения ее изменяются случайным образом, в связи с этим численная оценка должна производиться статистическими методами. Поскольку число измерений небольшое, то обработку результатов следует производить по формулам распределения Стьюдента. Наиболее вероятное значение температуры слитка x_0 =972,4 °С.

Дисперсия $\widetilde{D} = 633{,}8(^{o}C)^2$ коэффициент t_o=2,13, полуширина доверительного интервала ε_P=23,98°С. Следовательно, для p=0,9 доверительный интервал 948,42 °С ≤ t ≤ 996,38 °С.

$x0$ = 973,2 °С; $\widetilde{D}$ = 373,33 (°С)^2;

t_p = 1,833; ε_p = 11,2°С.

Следовательно, при $p=0{,}9$ доверительный интервал 962 °С ≤ t ≤ 984,4 °С. Ширина доверительного интервала уменьшилась, более чем в 2 раза.

3. Каким образом оценить погрешность измерения температуры, если известно, что для медного термометра сопротивления $R_0^* = 49{,}95$ Ом и α^*=4,25·10^{-3} К$^{-1}$. Градуировочные таблицы составлены для R_0 = 50 Ом и α=4,28·10^{-3} К$^{-1}$.

Решение: Погрешность, возникающая в результате того, что $R_0^* = 49{,}95$ Ом и $\alpha^*=4{,}25\cdot10^{-3}$ К$^{-1}$, будет систематической. Температура, определенная по градуировочпым таблицам:

$$t^* = \frac{(R_t^* - R_0)}{R_0\alpha}\ .$$

Действительная температура

$$t^* = \frac{(R_t^* - R_0^*)}{R_0^*\alpha^*}$$

Поправка к показаниям, определенным по градуировочным таблицам:

$$t - t^* = \frac{(R_t^* - R_0^*)}{R_0^*\alpha^*} - \frac{(R_t^* - R_0)}{R_0\alpha}.$$

Для $R_t^* = 49{,}95$ Ом и $t^* = 100$°С

$$t = 100 + \frac{74{,}40 - 49{,}95}{49{,}95\cdot 4{,}25\cdot 10^{-3}} - \frac{74{,}40 - 50{,}00}{50{,}00\cdot 4{,}28\cdot 10^{-3}} = 101{,}04\ {}^{o}C\ .$$

Погрешность имеет постоянный знак, и поэтому мы ее учитываем, введя поправку в измеренное значение температуры.

4. При испытании измерительной системы дифманометр – вторичный Прибор в нормальных условиях эксплуатации прибор устанавливался в конечной точке шкалы при следующих значениях перепада давления Δp_i на входе в дифманометр:

i	1	2	3	4	5	6	7	8
Δp_i, кПа	84,15	84,06	83,80	83,90	83,94	84,10	84,02	84,03

Затем было изменено напряжение питания измерительной системы на +10% $U_{\text{ном}}$. При этом прибор устанавливался в конечной точке шкалы при следующих значениях перепада давления Δp_i^*, на входе:

i	1	2	3	4	5	6	7	8
Δp_i^*, кПа	83,85	83,75	83,82	83,76	83,84	83,82	83,83	83,75

Оцените погрешность показаний измерительной системы, вызванную отклонением напряжения питания. Как называется эта погрешность?

Решение: Определим оценку наиболее вероятного значения перепада давления, соответствующего конечной точке шкалы прибора, при нормальных условиях по формуле:

$$\tilde{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

$$\Delta\tilde{p} = \frac{84{,}15 + 84{,}06 + 83{,}80 + 83{,}90 + 83{,}94 + 84{,}10 + 84{,}02 + 84{,}03}{8} = \\ = \frac{672}{8} = 84 \text{ кПа}.$$

Найдем оценку наиболее вероятного значения перепада давления при напряжении питания, составляющем +10 % $U_{\text{ном}}$:

$$\Delta\tilde{p}^* = \frac{83{,}85 + 83{,}73 + 83{,}82 + 83{,}84 + 83{,}82 + 83{,}83 + 83{,}75}{8} = \frac{670{,}4}{8} = \\ = 83{,}8 \text{ кПа}.$$

Таким образом, можно найти оценку наиболее вероятного значения погрешности в конечной точке шкалы, вызванной изменением напряжения питания измерительной системы:

$$\tilde{\Delta} = \Delta\tilde{p}^{*} - \Delta\tilde{p} = 83{,}8 - 84 = -0{,}2 \text{ кПа}.$$

Эта погрешность называется дополнительной, так как она вызвана отклонением одной из влияющих величин (напряжения питания) от нормального значения.

1. Чувствительным элементом манометра является сильфон. Уравновешивание давления (разности давлений) осуществляется за счет упругого противодействия сильфона и пружины, эффективная площадь сильфона $S_{эф}$ = 31,5 мм^2, жесткость пружин $К_п$=9,20 Н/мм, жесткость одного гофра сильфона к воздействию осевого усилия $К_с$ = 0,25 Н/мм, число гофр 8. При перемещении стрелки манометра от начала до конца шкалы донышко сильфона перемещается на h = 4,5 мм.

Определите пределы измерения манометра.

Решение: Суммарная жесткость пружины и сильфона

$$К_м = К_п + К_с \cdot n = 9{,}20 + 0{,}25 \cdot 8 = 11{,}2 \text{ Н/мм},$$

где n – число гофр.

Противодействующее усилие, создаваемое пружиной и сильфоном при сжатии их на h = 4,5 мм,

$$F_{пр} = К_м \cdot h = 11{,}2 \cdot 4{,}5 = 50{,}4 \text{ Н}.$$

Определим, какое давление на сильфон требуется, чтобы создать усилие, равное противодействующему:

$$p = F_{пр} / S_{эф} = 50{,}4 / 31{,}5 \cdot 10^{-6} = 1{,}6 \cdot 10^{6} \text{ Па},$$

Следовательно, пределы измерения манометра 0 – 1,6 МПа.

2. В колокольном дйфманометре (рис. 1) с тонкими стенками уравновешивание колокола осуществляется за счет деформации пружины (выталкивающей силой жидкости можно пренебречь). Изменится ли коэффициент преобразования дифманометра, если утяжелить колокол при неизменной линейной характеристике пружины?

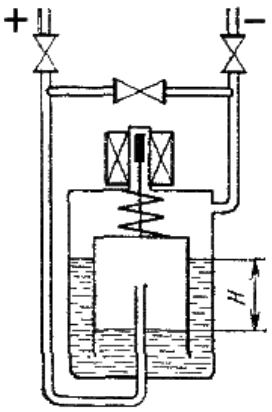


рис.1

Решение: Коэффициент преобразования не изменится. Это можно доказать следующим образом. При нулевом перепаде колокол висит на растянутой пружине, длину которой в этом положении обозначим через *x*. При этом вес колокола *G* уравновешивается силой упругости пружины

$$G = K_{\text{п}} x\ ,$$

где $K_п$ – удельная жесткость пружины.

При разности давлений Δp колокол поднимается на Δx, и условие его равновесия запишется в виде:

$$G = \Delta p F + K_{\text{п}}(x - \Delta x)\ ,$$

где *F* – площадь дна колокола.

Вычитая из одного уравнения другое, получаем

$$\Delta p F = K_{\text{п}} \Delta x\ .$$

Следовательно, коэффициент преобразования будет определяться выражением

$$S = \frac{\Delta x}{\Delta p} = \frac{F}{K_{\text{п}}},$$

т.е. он оказывается не зависящим от веса колокола.

3. Какой должна быть жесткость пружины в колокольном дйфманометре с пружинным уравновешиванием, чтобы изменение перепада давления от 0 до 1,6 кПа вызывало перемещение колокола на 4 мм? Диаметр колокола 50 мм.

Решение: Для расчета можно воспользоваться уравнением, связывающим перепад давления Δp и перемещение колокола Δx (см. решение задачи №2):

$$\Delta x = \Delta p \frac{F}{K_{\text{п}}}\ , \text{откуда } K_{\text{п}} = \frac{\Delta p}{\Delta x} F.$$

Подставляя заданные значения, получаем

$$K_{\text{п}} = \frac{\Delta p}{\Delta x} F = \frac{1600 \cdot 9{,}80665}{4 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{\pi (0{,}05)^2}{4} = 7698\ \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

4. У электросиловых преобразователей устройства обратной связи могут быть двух разновидностей: магнитоэлектрической системы, у которой развиваемое усилие q пропорционально выходному току, $q = kl$, и электромагнитной системы, у которой усилие пропорционально квадрату тока, $q=kI^2$.

Определите зависимость $I = f(p)$ для преобразователя, изображенного на рис. 2, при использовании каждого из этих устройств обратной связи. Все элементы преобразователя линейны, коэффициент усиления усилителя $k_y = \infty$.

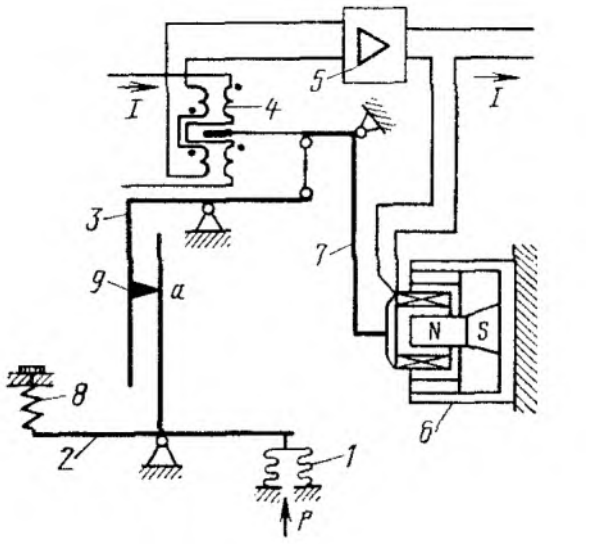


рис. 2

Решение: При выводе зависимости $I=f(p)$ удобнее рассматривать перемещение плунжера индикатора рассогласования от нейтрали при увеличении давления от нулевого. При нарастании давления от нулевого до значения p чувствительный элемент через рычажную систему отводит плунжер от нейтрального положения, вызывая этим изменение выходного тока. По мере увеличения тока увеличивается противодействие устройства обратной связи, которое стремится вернуть плунжер в исходное положение. При определенном I усилия в точке m уравновесятся, и рычажная система останется в покое, но плунжер при этом в исходное (нейтральное) положение не возвратится, так как в противном случае выходной ток был бы равен нулю. Если бы не было противодействия обратной связи, то перемещение плунжера под действием чувствительного элемента с линейной характеристикой линейно определялось бы значением p:

$$S_1 = k_1 p\,.$$

Аналогично перемещение под действием обратной связи $S_2 = k_2 I$ (для первой разновидности обратной связи).

Разность $S_1 - S_2$ будет остаточным отклонением плунжера от первоначального положения, значение которого линейно связано с напряжением ΔU, снимаемым с индикатора рассогласования. При линейном усилителе $I = k_y \Delta U$. Окончательно получим

$$I = k_y \Delta U = k_y k_3 (k_1 p - k_2 I)\,,$$

или

$$I = \frac{k_y k_1 k_3}{1 - k_y k_2 k_3} \ , \quad p \approx \frac{k_1}{k_2} p \ ,$$

где k_3 – линейный коэффициент, устанавливающий зависимость между напряжением ΔU и смещением плунжера от нейтрали.

Следовательно, для первой разновидности обратной связи статическая характеристика преобразователя линейна.

Для второй разновидности обратной связи

$$S_2 = k_2 I^2$$

$$I = k_y \Delta U = k_y k_3 (k_1 p - k_2 I^2) \ ,$$

или

$$k_y k_2 k_3 I^2 + I = k_y k_1 k_3 p \ .$$

Разделив все члены на k_y и учитывая, что $1/ k_y = 0$, имеем:

$$k_2 I^2 = k_1 p \ ; \quad I = \sqrt{\frac{k_1}{k_2} p} = k_4 \sqrt{p} \ .$$

Преобразователь с такими характеристиками используется в дифманометрах-расходомерах, измеряющих перепад на сужающих устройствах.

6. Примерный перечень вопросов для проведения экзамена

1. Что является предметом метрологии?
2. Дайте определение понятиям метрологии: измерение, величина, свойство.
3. Что обеспечивает измерение физической величины?
4. Расскажите о классификации физических величин.
5. Величины: реальные, идеальные, физические, не физические, измеряемые, оцениваемые.
6. Дайте определение средствам измерений. Какие функции они выполняют?
7. Какими факторами характеризуется качество измерений?
8. Что называется погрешностью измерения? Дайте определения случайной, систематической, прогрессирующей, абсолютной, относительной, приведенной погрешности.
9. Какими факторами обусловлены: инструментальная, методическая, субъективная погрешности?
10. В чем различие статической и динамической погрешности. Приведите примеры погрешностей.
11. Дайте определение многократного измерения. Расскажите об алгоритме многократного измерения.
12. Метод определения точечных оценок результатов многократных измерений.
13. определение закона распределения результатов многократных измерений.
14. Методика построение гистограммы распределения величин и кумулятивной кривой.
15. Начертите структурную схему передачи, отображения и преобразования измерительной информации. Расскажите о назначении каждого элемента.
16. Виды унифицированных сигналов передачи информации.
17. Принцип действия и конструкция термоэлектрического преобразователя.
18. Принцип действия и конструкция термопреобразователя сопротивления.
19. Каналы связи и способы коммутации термоэлектрического преобразователя и термопреобразователя сопротивления.
20. конструкция и принцип действия ППКМД.
21. конструкция и принцип действия температурных измерительных приборов.
22. конструкция и принцип действия штангенциркуля.
23. конструкция и принцип действия приборов для измерения давления.
24. Расскажите о приборах измерения избыточного давления.
25. Требования к импульсным линиям датчиков давления.

26. конструкция сужающих устройств датчиков расхода переменного перепада давлений.
27. Схемы и системы сертификации. Порядок сертификации продукции.
28. Обязательная и добровольная сертификация. Участники обязательной
29. сертификации. Участники добровольной сертификации.
30. Условия осуществления сертификации. Субъекты или участники сертификации. Нормативная база сертификации.
31. Правила и порядок проведения сертификации продукции. Документы по проведению работ в области сертификации.
32. Ответственность за нарушение обязательных требований государственных стандартов при производстве продукции (оказании услуг) и правил сертификации.
33. Органы по сертификации и испытательные лаборатории. Аккредитация органов по сертификации и испытательных (измерительных) лабораторий.
34. Сертификация услуг. Порядок сертификации продукции, ввозимой из-за рубежа.
35. Сертификация продовольственных товаров. Сертификация непродовольственных товаров.
36. Сертификация средств производства.
37. Сертификация систем качества (ССК). Значение сертификации систем качества.
38. Правила и порядок сертификации систем качества. Состояние и перспективы развития сертификации.
39. Единые принципы построения системы допусков и посадок ЕСДП. Основные отклонения. Образование полей допусков.
40. Система отверстия и система вала. Применение посадок ЕСДП в энергетике.
41. Обозначение на чертежах допусков и посадок, размеров и предельных отклонений. Неуказанные предельные отклонения размеров.
42. Нормирование микронеровностей деталей. Параметры шероховатости поверхностей.
43. Обозначение шероховатости поверхностей на чертежах.
44. Отклонения и допуски формы поверхности. Обозначения на чертежах.
45. Отклонения и допуски расположения поверхностей. Обозначения на чертежах.
46. Независимые и зависимые допуски формы и расположения поверхностей. Обозначения на чертежах.
47. Контроль геометрической и кинематической точности деталей, узлов и механизмов.
48. Классификация средств измерений. Методы измерений и параметры средств измерений.
49. Микрометрический инструмент и его разновидности. Принцип действия и отсчета показаний.

50. Двухточечная схема измерения линейных размеров ее достоинства и недостатки.
51. Виды штангенинструмента, назначение и конструкция. Нониус и принцип его работы.
52. Погрешности от параллакса. Принцип Аббе.
53. Требования к конструкции штангенинструмента.
54. Измерительные головки часового типа, рычажно-зубчатые их устройство и эксплуатация.
55. Основные функции АСУ ТП и какие стадии включает в себя АСУ ТП.
56. Параметры входного и выходного сигналов СИ, влияющие величины, функции влияния.
57. Структурные схемы объекта регулирования при использовании автоматизации тепловых процессов.
58. Последовательность выбора системы автоматизации.
59. Основы управления технологическими объектами.
60. Состав информационных и управляющих функций. Виды обеспечения АСУТП.
61. Управление в режимах пуска, останова и нормальной эксплуатации; декомпозиция целей управления; автоматизация управления.
62. Понятие об адаптивных системах управления и методах адаптации.
63. Как происходит регулирования температуры и давления в АСУ ТП.
64. Математические модели технологических объектов управления (ТОУ).