

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан ФМАТ  Ряжских В.И.
«26» марта 2019 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

**«Методы и средства регистрации параметров энергетического
оборудования»**

Направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело

Профиль Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения
нефти, газа и продуктов переработки

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 5 лет

Форма обучения очная / очно-заочная

Год начала подготовки 2019

Автор программы

 /Бородкин В.В./

Заведующий кафедрой
Нефтегазового
оборудования и
транспортировки

 / Валухов С.Г./

Руководитель ОПОП

 / Валухов С.Г./

Воронеж 2019

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины: формирование компетенций, необходимых для эффективного осуществления экспериментальных научных исследований энергетического оборудования трубопроводных систем.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- изучить современные экспериментально-аналитические методы научных исследований;
- овладеть методиками стратегического и тактического планирования при проведении экспериментов;
- изучить современные инструментальные средства экспериментальных исследований;
- знать и применять на практике основные методы обработки результатов экспериментальных исследований;
- уметь оформлять и использовать результаты экспериментальных исследований, формулировать выводы и предложения, составлять отчеты о НИР.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Методы и средства регистрации параметров энергетического оборудования» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Методы и средства регистрации параметров энергетического оборудования» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-5 - Способен проводить прикладные научные исследования по проблемам нефтегазовой отрасли в сфере эксплуатации и обслуживания объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-5	Знать методы анализа информации по технологическим процессам и работе технических устройств в нефтегазовой отрасли в сфере эксплуатации и обслуживания объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки.
	Уметь планировать и проводить необходимые эксперименты, обрабатывать, в том числе с использованием прикладных программных продуктов, интерпретировать результаты и делать соответствующие выводы.
	Владеть способностью использовать физико-математический аппарат для решения

	расчетно-аналитических задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности.
--	---

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Методы и средства регистрации параметров энергетического оборудования» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Самостоятельная работа	108	108
Курсовая работа	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

очно-заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	32	32
В том числе:		
Лекции	16	16
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Самостоятельная работа	112	112
Курсовая работа	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Основные сведения об энергетическом оборудовании	Энергетическая структура головных и промежуточных нефтеперекачивающих	2	2	14	18

	магистральных трубопроводов.	станций, электроприводные магистральные и подпорные нефтяные насосы, насосы, применяемые в системах смазки, уплотнений, охлаждения, сглаживания волн давлений и для внутристанционной перекачки. Энергетическое оборудование компрессорных станций, оборудованных поршневыми компрессорами с газомоторным приводом, центробежными нагнетателями с газотурбинным приводом и центробежными нагнетателями с приводом от электродвигателей.				
2	Размерные показатели насосов. Показатели назначения.	Характеристики перекачиваемых и потребляемых сред. Параметры энергетического питания. Угловая скорость или частота вращения. Подача. Напор. Мощность. Прочие показатели. К. п. д. Показатели кавитации. Масса. Габариты. Показатели самовсасывания (для самовсасывающих насосов). Внешняя утечка. Уровень шума. Уровень вибрации. Нарботка на отказ (гамма-процентная и средняя) Ресурсы Вероятность безотказной работы. Коэффициент технического использования Показатели сохраняемости.	2	2	18	22
3	Методы и средства измерения напора (давления), как основного показателя назначения насоса.	Классификация приборов для измерения давления. Манометры с трубчатой пружиной. Дифференциальные манометры. Сигнализирующие манометры. Манометры с электрическим выходным сигналом. Стекложидкостные приборы. Измерение частоты вращения вала центробежного насоса. Измерение температуры и теплоты. Поверка средств измерений.	4	4	20	28
4	Методы и средства измерения подачи (расхода), как основного показателя назначения насоса.	Современные требования к приборам для измерения расхода и количества вещества. Измерение подачи взвешиванием. Измерение подачи объемным методом. Измерение утечки через уплотнение. Классификация и характеристика расходомеров переменного перепада давления Расходомеры переменного перепада давления. Зависимость между расходом и перепадом давления у сужающего устройства Стандартные диафрагмы и сопла. Измерение мощности на валу.	4	4	20	28
5	Способы и стенды для получения основных характеристик насосов и нагнетателей НПС и КС.	Способы получения гидравлических характеристик. Схемы стендов для гидравлических испытаний. Стенды для круговых испытаний, для получения характеристики самовсасывания, для измерения вибрации и шума, для испытаний на вязкой жидкости и жидкостях с взвесью. Прочие стенды и их типовые элементы.	2	2	18	22
6	Общая характеристика измерений, погрешности измерений. Формы представления и анализ результатов измерений	Методы оценки измерений. Исключение грубых ошибок. Установление минимального количества измерений. Графический анализ результатов измерений. Методы подбора эмпирических формул. Анализ, оформление и использование результатов измерений.	4	4	18	26
Итого			18	18	108	144

очно-заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Основные сведения об энергетическом оборудовании	Энергетическая структура головных и промежуточных нефтеперекачивающих	2	2	14	18

	магистральных трубопроводов.	станций, электроприводные магистральные и подпорные нефтяные насосы, насосы, применяемые в системах смазки, уплотнений, охлаждения, сглаживания волн давлений и для внутристанционной перекачки. Энергетическое оборудование компрессорных станций, оборудованных поршневыми компрессорами с газомоторным приводом, центробежными нагнетателями с газотурбинным приводом и центробежными нагнетателями с приводом от электродвигателей.				
2	Размерные показатели насосов. Показатели назначения.	Характеристики перекачиваемых и потребляемых сред. Параметры энергетического питания. Угловая скорость или частота вращения. Подача. Напор. Мощность. Прочие показатели. К. п. д. Показатели кавитации. Масса. Габариты. Показатели самовсасывания (для самовсасывающих насосов). Внешняя утечка. Уровень шума. Уровень вибрации. Нарботка на отказ (гамма-процентная и средняя) Ресурсы Вероятность безотказной работы. Коэффициент технического использования Показатели сохраняемости.	2	2	18	22
3	Методы и средства измерения напора (давления), как основного показателя назначения насоса.	Классификация приборов для измерения давления. Манометры с трубчатой пружиной. Дифференциальные манометры. Сигнализирующие манометры. Манометры с электрическим выходным сигналом. Стекложидкостные приборы. Измерение частоты вращения вала центробежного насоса. Измерение температуры и теплоты. Поверка средств измерений.	4	2	22	28
4	Методы и средства измерения подачи (расхода), как основного показателя назначения насоса.	Современные требования к приборам для измерения расхода и количества вещества. Измерение подачи взвешиванием. Измерение подачи объемным методом. Измерение утечки через уплотнение. Классификация и характеристика расходомеров переменного перепада давления Расходомеры переменного перепада давления. Зависимость между расходом и перепадом давления у сужающего устройства Стандартные диафрагмы и сопла. Измерение мощности на валу.	4	2	22	28
5	Способы и стенды для получения основных характеристик насосов и нагнетателей НПС и КС.	Способы получения гидравлических характеристик. Схемы стендов для гидравлических испытаний. Стенды для круговых испытаний, для получения характеристики самовсасывания, для измерения вибрации и шума, для испытаний на вязкой жидкости и жидкостях с взвесью. Прочие стенды и их типовые элементы.	2	4	18	24
6	Общая характеристика измерений, погрешности измерений. Формы представления и анализ результатов измерений	Методы оценки измерений. Исключение грубых ошибок. Установление минимального количества измерений. Графический анализ результатов измерений. Методы подбора эмпирических формул. Анализ, оформление и использование результатов измерений.	2	4	18	24
Итого			16	16	112	144

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 5 семестре для очной формы

обучения, в 8 семестре для очно-заочной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований с установлением необходимых параметрических зависимостей».

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- ознакомление с экспериментально-аналитическими методами исследований энергетического оборудования газонефтепроводов;
- изучение модели объекта исследований с необходимыми средствами измерений;
- получение практических навыков в обработке результатов экспериментальных исследований при помощи вероятностно-статистических методов.

Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-5	знать методы анализа информации по технологическим процессам и работе технических устройств в нефтегазовой отрасли в сфере эксплуатации и обслуживания объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки.	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь планировать и проводить необходимые эксперименты, обрабатывать, в том числе с использованием прикладных программных продуктов, интерпретировать результаты и делать соответствующие выводы.	Решение стандартных практических задач, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть способностью использовать физико-математический аппарат для решения расчетно-аналитических	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсовой	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности.	работы		
--	--	--------	--	--

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения, 8 семестре для очно-заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;
«хорошо»;
«удовлетворительно»;
«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-5	знать методы анализа информации по технологическим процессам и работе технических устройств в нефтегазовой отрасли в сфере эксплуатации и обслуживания объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь планировать и проводить необходимые эксперименты, обрабатывать, в том числе с использованием прикладных программных продуктов, интерпретировать результаты и делать соответствующие выводы.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть способностью использовать физико-математический аппарат для решения расчетно-аналитических задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

Раздел 1. Измерение состава и свойств веществ. Измерение влажности.

1. Влагосодержание это:

- количество водяного пара, содержащегося в единице объема газа;
- отношение массы водяного пара к массе сухого газа;
- отношение массы влаги к массе влажного тела.

2. Температура точки росы это:

- а) температура, при которой газ становится насыщенным содержащимся в нем водяным паром;**
- б) отношение абсолютной влажности к максимально возможной для конкретного газа при данной температуре;
- в) психрометрическая разность температур между «сухим» и «мокрым» термометрами.

3. Какие параметры влажности необходимо знать при транспортировке газов по трубопроводам:

- а) влагосодержание;
- б) относительную влажность;
- в) температуру точки росы.**

4. При каких формах связи влага не может быть удалена в процессе сушки или отжата:

- а) абсорбционной;
- б) осмотической;
- в) физико-механической;
- г) ионной и молекулярной.**

5. Какой метод измерения влажности основан на определении температуры, при которой газ становится насыщенным находящейся в нем влагой:

- а) психрометрический;
- б) точки росы;**
- в) сорбционный;
- г) оптический.

Раздел 2. Измерение состава и свойств веществ. Анализ состава газов.

6. В объемных химических газоанализаторах объем определяемого компонента не зависит от:

- а) избирательного поглощения;
- б) каталитического окисления;
- в) сжигания определяемого компонента;
- г) скорости распространения звука.**

7. Термохимические газоанализаторы используют:

- а) как сигнализаторы взрывоопасных концентраций газов;
- б) для измерения теплопроводности газовой смеси;**
- в) измерителей химического недожога топлива;
- г) детекторов газовых хроматографов.

8. В какой области спектра поглощения располагаются такие газы, как CO, CO₂, CH₄, C₂H₂, NH₃:

- а) ультрафиолетовой;
- б) видимого света;
- в) инфракрасной.**

9. Чем не характеризуется работа фотоколориметрического газоанализатора:

- а) универсальностью;

- б) высокой избирательностью;
- в) возможностью введения ручной или автоматической температурной компенсации;
- г) высокой чувствительностью.

10. Показания кулонометрических газоанализаторов зависят от:

- а) влажности газа;
- б) его давления и температуры;
- в) использования компенсационного метода измерения;
- г) параметров окружающей среды.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Раздел 1. Измерение температуры.

1. Нужно измерить ЭДС источника с очень высоким внутренним сопротивлением, например ЭДС электродной системы рН-метра. Какой потенциометр, низкоомный или высокоомный, и почему следует использовать для этой цели?

Ответ: Для измерения ЭДС источника с большим внутренним сопротивлением следует использовать высокоомный потенциометр. Если к источнику ЭДС с большим внутренним сопротивлением подключить низкоомный измерительный прибор, то этот прибор как бы закоротит источник ЭДС, что приведет к падению разности потенциалов на зажимах источника ЭДС и искажению измеряемой ЭДС. Поэтому при измерении ЭДС сопротивление измерительного прибора должно быть значительно больше (в сотни раз и более) внутреннего сопротивления источника ЭДС.

2. Какими параметрами могут различаться термометры сопротивления различных классов, изготовленные из одного материала.

Ответ: Технические термометры сопротивления должны быть изготовлены таким образом, чтобы допустимые отклонения сопротивления термометра при 0 °С и отношения R_{100}/R_0 не превышали определенных значений. Допустимые отклонения R_0 не должны превышать значений, указанных в справочных таблицах. Отношение R_{100}/R_0 также должно соответствовать справочным значениям. Соответственно допускам термометры сопротивления различных классов имеют различные предельные погрешности. Наибольшую погрешность имеют термометры сопротивления класса III, наименьшую - класса I. Следует отметить, что платиновые термометры сопротивления выпускаются классов I и II, а медные - классов II и III.

3. Определите предел допускаемой относительной погрешности термометра сопротивления I класса при измерении температуры 300 °С.

Ответ: Предел допускаемого значения основной погрешности термопреобразователей сопротивления выбирается из ряда значений по табличным данным в соответствии с классом термометра и материалом его чувствительного элемента. Считаем, что предел равен 0,3 °С. Тогда допускаемая относительная основная погрешность

$$\delta = \frac{0,3}{300} \cdot 100 = 0,1 \, \%$$

4. Оцените систематическую погрешность измерения температуры радиационным методом. Радиационная температура $t_p = 1627^\circ\text{C}$, коэффициент теплового излучения $\varepsilon = 0,38$.

Ответ: Погрешность, обусловленная «нечернотой» измеряемого тела, определяется из выражения

$$T_p - T = (t_p + 273) - T_p \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{\varepsilon_T}} = (1627 + 273) \cdot \left(1 - \sqrt[4]{\frac{1}{0,38}}\right) = -520,6 \text{ K}.$$

5. Определите коэффициент пирометрического ослабления поглощающего стекла квазимонохроматического пирометра, если известно, что температура, отсчитанная по одной и той же шкале пирометра без поглощающего стекла, составила 1103°C , а с поглощающим стеклом 306°C .

Ответ: Коэффициент пирометрического ослабления определяется из выражения

$$A = \frac{\lambda}{c_2} \cdot \ln \frac{1}{\tau_\lambda},$$

где τ_λ - коэффициент пропускания поглощающего стекла. Практически он может быть определен по формуле

$$A = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}.$$

Следовательно,

$$A = \frac{1}{1079} - \frac{1}{1376} = 0,0002 \text{ K}^{-1}.$$

Раздел 2. Анализ состава сред.

6. Определите концентрацию CO_2 в продуктах горения, если анализ содержания CO_2 производился объемно-абсорбционным газоанализатором. Объем смеси в измерительной бюретке до поглощения $V_0 = 100$ мл, объем после поглощения $V_{II} = 94$ мл. Объем вредного пространства вне измерительной бюретки (объем распределительной гребенки и других соединительных частей) $V_{ВП} = 2,5$ мл. Коэффициент K_{II} , характеризующий отношение объема компонента, поглощенного в газоанализаторе, к объему этого компонента до поглощения, равен $0,95$.

Ответ: Кажущееся содержание анализируемого компонента определяется следующим образом

$$C = \frac{V_0 - V_{II}}{V_0} \cdot 100\% = \frac{100 - 94}{100} \cdot 100\% = 6\% \text{ CO}_2.$$

Действительный объем двуокиси углерода CO_2 в смеси

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{V_0 - V_{II}}{K_{II}} = \frac{6}{0,95} = 6,315 \text{ мл}.$$

Действительное содержание двуокиси углерода в смеси

$$C_{II} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_0 + V_{ВП}} \cdot 100\% = \frac{6,315}{100 + 2,5} = 6,16\% \text{ CO}_2.$$

7. Определите зависимость между положением отражающего поршня x и концентрацией анализируемого компонента C в оптико-акустическом

газоанализаторе с газовой компенсацией (см. рис. 1). Известны длина измерительной камеры l и концентрация C_k анализируемого компонента в компенсационной камере. Предполагается, что потоки излучения после фильтровых камер равны. Поршень имеет скос под углом 45° .

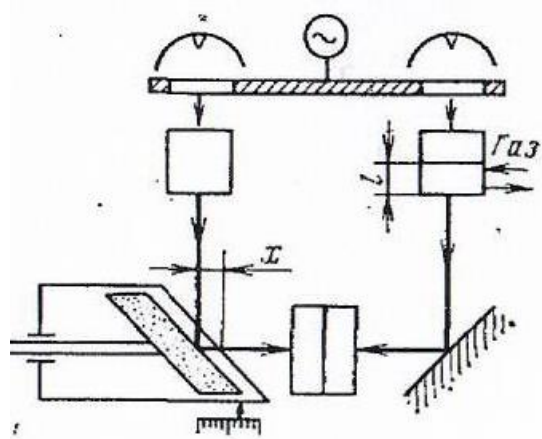


Рисунок 1

Ответ: Поглощение лучистой энергии газом определяется уравнением Ламберта-Бера

$$I_\lambda = I_{0\lambda} \cdot \exp(-\varepsilon_\lambda \cdot Cl),$$

где $I_{0\lambda}$ - интенсивность монохроматического излучения с длиной волны λ , входящего в поглощающий слой газа;

I_λ - то же, но выходящего из поглощающего слоя газа;

ε_λ - коэффициент поглощения, характерный для данного газа и длины волны λ ;

C - концентрация анализируемого компонента в газовой смеси, поглощающего излучение длиной волны λ ;

l - толщина поглощающего слоя.

Если применить указанное уравнение к двухканальной схеме газоанализатора, то, исходя из условия равенства потоков после измерительной и компенсационной камер, можно записать

$$I_{0\lambda} \cdot \exp(-\varepsilon_\lambda \cdot C_k \cdot 2x) = I_{0\lambda} \cdot \exp(-\varepsilon_\lambda \cdot Cl),$$

где x - смещение поршня компенсационной камеры от первоначального (нулевого) положения;

C_k - концентрация анализируемого компонента в компенсационной камере;

l - толщина слоя газа в измерительной камере;

C - искомая концентрация анализируемого компонента в смеси. Отсюда легко получить выражения

$$2C_k \cdot x = C \cdot l \quad \text{и} \quad x = C \frac{l}{2C_k},$$

т.е. зависимость между положением поршня и концентрацией анализируемого компонента линейная.

8. Изменится ли диапазон измерения оптико-акустического газоанализатора с газовой компенсацией (см. рис. 1), если уменьшить концентрацию анализируемого компонента в компенсационной камере?

Ответ: Диапазон измерения уменьшается. Положение стрелки на шкале однозначно связано с положением поршня в компенсационной камере. Поэтому при неизменной длине шкалы прибора ход поршня не зависит от диапазона измерения. С учетом зависимости положения поршня от концентрации (см. ответ 7) очевидно, что уменьшение S_k (при неизменном максимальном x) приведет к необходимости уменьшения максимального значения S , т.е. уменьшению диапазона измерения.

Раздел 4. Измерение уровня.

9. В цилиндрическом вертикальном стальном резервуаре-хранилище диаметром 12 м и высотой 10 м находится керосин. При температуре 30 °С высота уровня керосина составляет 8,5 м. Изменяются ли показания гидростатического уровнемера и изменится ли действительный уровень керосина, если температура окружающего воздуха и резервуара вместе с керосином будет 0 °С?

Ответ: Если не происходит изменения массы жидкости, а происходит только одновременное изменение плотности и объема в зависимости от температуры, то показания гидростатического уровнемера изменяться не будут (при неизменном объеме резервуара).

Это легко показать следующим образом. При изменении температуры плотность керосина изменяется в соответствии с выражением

$$\rho_t = \rho_0 / (1 + \beta t),$$

где ρ_t, ρ_0 - плотности при t и 0 °С;

β - коэффициент объемного расширения керосина.

Соответственно объем жидкости также изменяется

$$V_t = V_0 (1 + \beta t).$$

Для цилиндрического вертикального резервуара уровень жидкости h и ее объем V связаны соотношением

$$h = 4V / \pi D^2,$$

где D - диаметр резервуара.

Следовательно, при изменении температуры уровень будет изменяться при постоянных размерах резервуара в соответствии с выражением

$$h_t = h_0 (1 + \beta t).$$

Гидростатический уровнемер работает по принципу измерения давления, создаваемого столбом жидкости, $p = h\rho g$. При температуре 0 °С $p_0 = h_0\rho_0 g$. При температуре t

$$p_t = h_t \rho_t g = h_0 (1 + \beta t) \frac{\rho_0}{(1 + \beta t)} g = h_0 \rho_0 g = p_0.$$

Таким образом, показания, уровнемера не изменяются, в то время как действительное значение уровня при понижении температуры уменьшается.

10. Рассчитайте емкость и коэффициент преобразования измерительного преобразователя емкостного уровнемера, предназначенного

для измерения уровня в баках-хранилищах керосина, от нулевого до максимального значения $H_{\max} = 8 \text{ м}$.

Емкостный преобразователь, представленный на рис. 2, состоит из полого металлического цилиндра диаметром $D = 60 \text{ мм}$ (внешний электрод), внутри которого коаксиально расположен металлический тросик диаметром $d = 1,5 \text{ мм}$, покрытый слоем изоляции толщиной $b = 1 \text{ мм}$ (внутренний электрод). Длина преобразователя $l = 8 \text{ м}$, емкость конструктивных элементов $C_0 = 75 \text{ нФ}$. Относительная диэлектрическая проницаемость паров керосина $\varepsilon_{II} = 1$, керосина $\varepsilon_{\text{л}} = 2,1$, изоляционного покрытия тросика $\varepsilon_{\text{и}} = 4,2$.

Ответ: Емкость цилиндрического преобразователя рассчитывается по формуле

$$C = C_0 + C' + C'',$$

где C' - емкость части преобразователя, заполненной жидкостью;

C'' - емкость части преобразователя, заполненной парами.

В свою очередь

$$C' = \frac{C'_{H0} \cdot C'_{0T}}{C'_{H0} + C'_{0T}}; \quad C'' = \frac{C''_{H0} \cdot C''_{0T}}{C''_{H0} + C''_{0T}},$$

где C'_{H0}, C''_{H0} - емкость между внешним электродом и наружной поверхностью внутреннего электрода, заполненных соответственно керосином и его парами;

C'_{0T}, C''_{0T} - то же между внешней поверхностью внутреннего электрода и самим тросиком. Эти составляющие вычисляются как емкости цилиндрических конденсаторов

$$C'_{H0} = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_K h}{\ln \frac{D}{D+2b}}; \quad C''_{H0} = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{II}(l-h)}{\ln \frac{D}{D+2b}};$$

$$C'_{0T} = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{II} h}{\ln \frac{d+2b}{d}}; \quad C''_{0T} = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{II}(l-h)}{\ln \frac{d+2b}{d}},$$

где $\varepsilon_0 = 8,854 \text{ пФ/м}$ – абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума.

Следовательно

$$C' = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_K\varepsilon_{II}h}{\varepsilon_K \ln \frac{d+2b}{d} + \varepsilon_{II} \ln \frac{D}{d+2b}};$$

$$C'' = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{II}\varepsilon_{II}(l-h)}{\varepsilon_{II} \ln \frac{d+2b}{d} + \varepsilon_{II} \ln \frac{D}{d+2b}}.$$

При $h = 0$, $C' = 0$; $C'' = 1868,3 \text{ нФ}$; $C = 1943,3 \text{ нФ}$. При $h = 8 \text{ м}$ $C' = 3923,4 \text{ нФ}$; $C'' = 0$; $C = 3998,4 \text{ нФ}$ коэффициент преобразования будет

$$S = \frac{\Delta C}{\Delta h} = \frac{3998,4 - 1943,3}{8} = 256,89 \text{ нФ/м}.$$

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Раздел 5. Измерение расхода.

1. Какие единицы измерения приняты для расхода в системе СИ и как

они связаны между собой?

Ответ: При измерении расхода его значение может характеризоваться как массовым Q_M , так и объемным Q_0 расходом. За единицу массового расхода принят килограмм в секунду (кг/с). Это массовый расход, при котором через определенное сечение за время 1 с равномерно перемещается вещество массой 1 кг. За единицу объемного расхода принят кубический метр в секунду (м³/с). Это объемный расход, при котором через определенное сечение за время 1 с равномерно перемещается вещество объемом 1 м³. Значения объемного и массового расходов связаны между собой выражением

$$Q_M = \rho \cdot Q_0,$$

где ρ - плотность вещества, кг/м³.

2. По трубе диаметром $D = 100$ мм движется поток жидкости со средней скоростью $v_{CP} = 1,5$ м/с. Определите массовый расход жидкости, если ее плотность $\rho = 990$ кг/м³.

Ответ: Объемный расход равен произведению средней скорости на площадь сечения потока

$$Q_0 = v_{CP} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4},$$

следовательно, массовый расход будет

$$Q_M = \rho \cdot v_{CP} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 990 \cdot 1,5 \cdot \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} = 11,66 \text{ кг/с}.$$

3. Какие сужающие устройства называются стандартными и при каких условиях возможно их применение для измерения расхода?

Ответ: Стандартным сужающим устройством называется сужающее устройство, удовлетворяющее ряду требований, благодаря чему возможно изготавливать и применять такие устройства по результатам расчета без индивидуальной градуировки. При этом должны соблюдаться следующие условия измерения:

- диаметр трубопровода должен быть не менее $D_{мин}$; $D_{мин} = 50$ мм при использовании для измерения расхода газов или жидкостей диафрагм или при использовании для измерения расхода газов сопл; $D_{мин} = 30$ мм при измерении расхода жидкостей с использованием сопл;
- измеряемая среда должна заполнять все сечения трубопровода до и после сужающего устройства;
- поток должен быть установившийся и однофазный.

4. При оценке погрешности измерения расхода применяется закон сложения средних погрешностей. Какие допущения принимаются при использовании этого закона?

Ответ: Измерение расхода по перепаду давления является косвенным измерением. Величины, входящие в формулу расхода

$$Q_M = \alpha \varepsilon F_0 \sqrt{\rho \cdot \Delta p},$$

разделяются на две группы. К первой относятся величины α и ε , которые определяются путем многократных измерений и для которых известны средние квадратические $\sigma_\alpha, \sigma_\varepsilon$ и предельные погрешности. Если бы средние

квадратические погрешности были известны и для других величин, то можно было бы применять закон сложения средних погрешностей.

Однако в формулу расхода входит ряд величин $(d, \Delta p, \rho, p, t)$, которые измеряются однократно, и для них известна только предельная погрешность однократного измерения. Таким образом, в строгом, понимании закон сложения дисперсий применять нельзя. Однако при оценке погрешности измерения расхода делается допущение: предельная погрешность измерения величин $d, \Delta p, \rho, p, t$ рассматривается как удвоенная средняя квадратическая погрешность ряда измерений соответствующей величины (при вероятности 0,95). Предполагается также, что значения этих величин при большом числе измерений распределены по нормальному закону. Исходя из этого средняя квадратическая относительная погрешность измерения расхода показывающим дифманометром определяется по формуле

$$\sigma_Q = \sqrt{\sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2 + \sigma_{K_{Re}}^2 + \sigma_{\sqrt{\Delta p}}^2 + \frac{1}{4} \sigma_\rho^2}.$$

5. Оцените максимальное и минимальное значения средней квадратической погрешности коэффициента расхода для диафрагмы и сопла. Погрешности установки отсутствуют; $Re=10^6$.

Ответ: Средняя квадратическая погрешность коэффициента расхода определяется из выражения

$$\sigma_\alpha = \sqrt{\sigma_{\alpha_B}^2 + \sigma_{K_{III}}^2 + \sigma_{K_{II}}^2}.$$

Средняя квадратическая погрешность исходного коэффициента расхода $\sigma_{\alpha_{II}}$ для диафрагм при $m \leq 0,36$ и для сопл при $m \leq 0,25$ определяется из выражения

$$\sigma_\alpha = \sqrt{\sigma_{\alpha_B}^2 + \sigma_{K_{III}}^2 + \sigma_{K_{II}}^2},$$

и для остальных значений m для диафрагм

$$\sigma_{\alpha_{II}} = \left[(0,5m)^2 + \sigma_{\alpha_d}^2 + \sigma_{\alpha_D}^2 \right]^{0,5},$$

и для сопл

$$\sigma_{\alpha_{II}} = \left[(m^{0,5} - 0,2)^2 + \sigma_{\alpha_d}^2 + \sigma_{\alpha_D}^2 \right]^{0,5}.$$

Погрешности σ_{α_d} и σ_{α_D} возникают из-за допустимых отклонений диаметров d и D

$$\sigma_{\alpha_d} = 2\sigma_d \left(1 + \frac{m^2}{\alpha} \right) \text{ и } \sigma_{\alpha_D} = 2\sigma_D \frac{m^2}{\alpha},$$

где для диафрагм и сопл $\sigma_d = 0,025$ при $m \geq 0,4$, $\sigma_d = 0,05$ при $m < 0,4$, $\sigma_D = 0,15$.

Расчеты показывают, что значение $\sigma_{\alpha_{II}}$ увеличивается (при неизменном Re) при увеличении m , и, таким образом, для диафрагм и сопл имеет максимальное значение $(\sigma_{\alpha_{II}})_{MAX}$ при $m = 0,05$ и минимальное $(\sigma_{\alpha_{II}})_{MIN}$ при $m = 0,64$. При заданных условиях для диафрагм $(\sigma_{\alpha_{II}})_{MIN} = 0,316\%$, $(\sigma_{\alpha_{II}})_{MAX} = 0,367\%$ и для сопл $(\sigma_{\alpha_{II}})_{MIN} = 0,316\%$ и $(\sigma_{\alpha_{II}})_{MAX} = 0,613\%$.

Значение средней квадратической погрешности $\sigma_{K_{III}}$ поправочного множителя на шероховатость трубопровода растет с увеличением m и уменьшением диаметра труб (при $D \geq 300$ мм $\sigma_{K_{III}} = 0$). Для диафрагм при $m = 0,64$ и $D = 50$ мм (минимальный диаметр трубопровода) $\sigma_{K_{III}} = 1,236$ %, и для сопл при $m = 0,64$ и $D = 30$ мм (минимальный диаметр трубопровода для жидкостей) $\sigma_{K_{III}} = 0,963$. Средняя квадратическая погрешность $\sigma_{K_{II}}$ на притупление входной кромки диафрагмы уменьшается с увеличением m диафрагмы и диаметра трубопровода. Максимальное значение $\sigma_{K_{II}} = 0,795$ % при $m = 0,05$ и $D=50$ мм.

Как видно из расчетов, большинство составляющих погрешности σ_{α} (кроме $\sigma_{K_{II}}$) для диафрагм увеличивается с увеличением m и уменьшением D . Поэтому для оценки $\sigma_{\alpha MAX}$ выберем $m = 0,64$ и $D = 50$ мм. При этом $\sigma_{\alpha_{II}} = 0,367$ %, $\sigma_{K_{III}} = 1,236$ %, $\sigma_{K_{II}} = 0,304$ %. Отсюда

$$\sigma_{\alpha MAX} = \sqrt{0,367^2 + 1,236^2 + 0,304^2} = 1,325\% .$$

Минимальное значение погрешности $\sigma_{\alpha MIN}$ имеет место при $m = 0,05$ и $D \geq 300$ мм. При этом $\sigma_{\alpha_{II}} = 0,316$ %; $\sigma_{K_{III}} = 0$, $\sigma_{K_{II}} = 0$, следовательно, $\sigma_{\alpha MIN} = 0,316$ %. Максимальное значение для сопл определяем при $m = 0,64$ и $D=30$ мм (минимальный диаметр для жидкостей). При этом $\sigma_{\alpha_{II}} = 0,613$ %; $\sigma_{K_{III}} = 0,963$ %; $\sigma_{\alpha MAX} = 1,142$ %. Минимальное значение определяем при $m=0,05$ и $D \geq 300$ мм. При этом $\sigma_{\alpha_{II}} = 0,316$ %, $\sigma_{K_{III}} = 0$; $\sigma_{\alpha MIN} = 0,316$ %.

Из этого анализа видим, что максимальная средняя квадратическая погрешность коэффициента расхода для сопл меньше, чем для диафрагм.

6. Применим ли электромагнитный метод измерения расхода для неэлектропроводных жидкостей? Какие жидкости относятся к электропроводным и неэлектропроводным?

Ответ: Принцип действия электромагнитных расходомеров основан на возникновении ЭДС в проводнике, перемещающемся в магнитном поле. Роль проводника в электромагнитных расходомерах выполняет сама измеряемая жидкость. Поэтому если жидкость будет неэлектропроводной, то в ней не будет индуцироваться ЭДС. Таким образом, электромагнитный метод не может использоваться для измерения расхода неэлектропроводных жидкостей. К электропроводным относятся жидкости с проводимостью $\alpha \geq 10^{-5}$ См/м, и их расход можно измерять электромагнитными расходомерами. Жидкости с проводимостью $\alpha < 10^{-5}$ См/м относятся к непроводящим, и их расход измерять электромагнитными расходомерами нельзя.

7. Какие требования предъявляются к конструкции первичных преобразователей электромагнитных расходомеров для измерения расхода сред с невысокой проводимостью?

Ответ: Необходимо, чтобы труба первичного преобразователя была изготовлена из немагнитного материала, в противном случае магнитные силовые линии замкнутся через трубу, магнитное поле в жидкости будет

отсутствовать и сигнал будет нулевым.

Кроме того, желательно, чтобы труба первичного преобразователя была изготовлена из неэлектропроводного материала. Если же это условие выполнить нельзя, то следует покрыть трубу электроизоляционным материалом изнутри с тем, чтобы проводимость трубопровода была примерно на два порядка меньше, чем проводимость жидкости. Электроды также должны быть изолированы от трубы. Если эти условия не будут выполнены, то электроды расходомера, будут шунтированы сопротивлением трубы, соизмеримым с сопротивлением между электродами, что приведет к существенному занижению выходного сигнала.

8. Каким образом в электромагнитном расходомере с переменным магнитным полем можно выделить и оценить значение паразитной трансформаторной ЭДС?

Ответ: Паразитная трансформаторная ЭДС в электромагнитном расходомере с переменным магнитным полем имеет место всегда, когда включено питание электромагнитной системы. Полезный сигнал имеет место только при наличии расхода жидкости через расходомер. Таким образом, сигнал на выходе первичного преобразователя электромагнитного расходомера при нулевом расходе жидкости будет паразитной трансформаторной ЭДС. Она может быть устранена с помощью специальных органов настройки.

9. Определите уравнение расхода для щелевого расходомера с прямоугольным отверстием истечения (см. рис. 2).

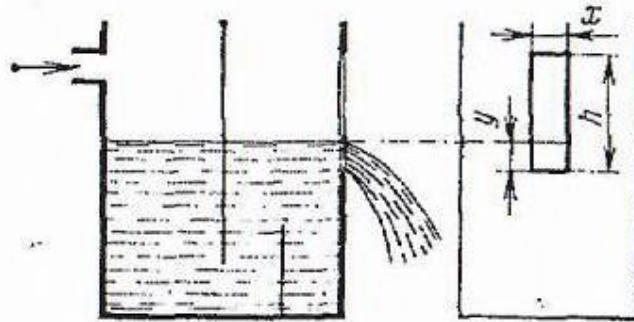


Рисунок 2.

Ответ: В преобразователе расхода щелевого типа с прямоугольным отверстием истечения (см. рис. 2) расход определяется по высоте уровня жидкости над нижним краем отверстия

$$Q = C \cdot \sqrt{h}.$$

Расход через отверстие шириной x и высотой dy , находящееся на высоте y от нижней кромки отверстия истечения, будет равен

$$dQ = A x dy \sqrt{y}.$$

Если проинтегрировать это выражение от 0 до h , то получим расход через отверстие. Если считать, что $A = \text{const}$, то

$$Q = A x \int_0^h \sqrt{y} dy = \frac{2}{3} A x \cdot h^{3/2}.$$

Таким образом, уравнение расхода запишется в виде

$$Q = K \cdot h^{3/2}.$$

10. Определите форму и необходимые размеры щелевого отверстия для расходомера с равномерной шкалой. Максимальный расход воды $Q_{0MAX} = 520$ м³/ч, максимальная высота уровня над краем отверстия истечения $h_{MAX} = 0,5$ м, ширина отверстия истечения на уровне h_{MAX} от нижнего, края $x_{MAX} = 0,15$ м.

Ответ: Для равномерной шкалы уравнение расхода должно иметь вид

$$Q = Kh,$$

причем

$$K = \frac{Q_{MAX}}{h_{MAX}} = \frac{520}{0,5} = 1040 \text{ м}^2/\text{ч}.$$

С другой стороны (см. решение предыдущей задачи)

$$Q_{MAX} = K \cdot h_{MAX} = \int_0^{h_{MAX}} Ax \sqrt{h} dh.$$

Требуется определить зависимость $x = f(h)$. Из последнего уравнения очевидно, что при выполнении условия $B = x\sqrt{h}$ и при $A = const$ зависимость будет иметь вид $Q = ABh$.

Определим значения A и B .

$$B = x_{MAX} \cdot \sqrt{h_{MAX}} = 0,15 \cdot \sqrt{0,5} = 0,106 \text{ м}^{3/2};$$

$$A = K / B = 1040 / 0,106 = 9811,3 \text{ м} / \text{ч}.$$

Определим значение x_{MIN} при $h_{MIN} = 10$ мм

$$x_{MIN} = B / \sqrt{h_{MIN}} = 0,106 / \sqrt{0,01} = 1,06 \text{ м}.$$

Таким образом, если щелевое отверстие истечения будет изменять ширину по высоте в соответствии с выражением

$$x = 0,106 / \sqrt{h}$$

и если $x_{MAX} = 0,15$ м и $x_{MIN} = 0,106$ м, то уравнение расхода, м³/ч, будет иметь вид

$$Q = 1040 \cdot h.$$

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

1. Типовая структура магистрального газонефтепровода.
2. Основное энергетическое оборудование НПС. Конструктивные схемы и принцип действия.
3. Обслуживающее энергетическое оборудование НПС. Конструктивные схемы и принцип действия.
4. Структура энергетического оборудования КС.
5. Особенности и области применения ПГПС. Конструктивные схемы, параметры и принцип действия.
6. Типовая конструктивная схема ГГПА.
7. Состав и структура блока турбогруппы ГТУ. Принцип работы.
8. Основные параметры энергетического оборудования НПС и КС.
9. Как выглядит структура показателей, характеризующих качество насосного оборудования?

10. Какой состав структуры показателей перекачиваемых сред?
 11. Основные понятия и виды соотношений между объемными, массовыми и весовыми параметрами подач и напоров насоса.
 12. Понятие о гидравлической, гидродинамической и полной мощности насоса.
 13. Основные требования, предъявляемые к измерениям частоты вращения, давления, подачи и мощности центробежных насосов.
 14. Какова структура к.п.д. лопастных насосов и насосных агрегатов?
 15. Понятие о различных видах кавитации и основных параметрах надкавитационного напора.
 16. Основные показатели самовсасывания лопастных насосов.
 17. Эргономические показатели качества центробежных насосов.
 18. Специальные показатели качества.
 19. Основные вопросы, решаемые при выборе показателей надежности.
 20. Геометрическое, кинематическое и гидродинамическое подобие.
- Принцип анализа размерностей.
21. Основные безразмерные показатели качества насосов.
 22. Каков состав материальной базы обеспечения единства измерений?
 23. Цели и задачи метрологического обеспечения испытаний.
 24. Основные требования к метрологическому обеспечению.
 25. Состав видов измерений при проведении испытаний.
 26. Структура средств измерений.
 27. Первичные измерительные преобразователи.
 28. Преобразователи средств измерений давления.
 29. Преобразователи средств измерений температуры.
 30. Тензорезисторные измерительные преобразователи и предпочтительные области их использования.
 31. Какова взаимосвязь абсолютного, атмосферного, избыточного и вакуумметрического давлений?
 32. Какое давление измеряют манометрами, вакуумметрами и барометрами?
 33. Общая классификация приборов для измерения давлений.
 34. Устройство и принцип действия манометров с трубчатыми пружинами.
 35. Разновидности форм сечения трубчатых пружин и их использование в измерительных приборах.
 36. Основные недостатки трубчато-пружинных приборов.
 37. Принципиальное устройство дифференциальных манометров и области их применения.
 38. Принципиальные схемы сигнализирующих (электроконтактных) манометров.
 39. Манометры с электрическим выходным сигналом.
 40. Манометры с тензорезистивными измерительными преобразователями давления.
 41. Манометры с емкостными измерительными преобразователями

давления.

42. Манометры с электромагнитными измерительными преобразователями давления.

43. Манометры с пьезометрическими измерительными преобразователями давления.

44. Структура измерительного преобразователя на основе пьезоэффекта.

45. Основные методы измерения подачи (расхода). Классификация измерительных средств.

46. Измерение расхода жидкости объемным и массовым методами.

47. Расходомеры переменного перепада давления. Стандартные диафрагмы и сопла.

48. Расходомеры переменного уровня, расходомеры обтекания.

49. Тахометрические расходомеры, турбинные, шариковые и роторно-шаровые тахометрические расходомеры.

50. Тепловые расходомеры, меточные расходомеры, акустические расходомеры.

51. Индукционный и магнитоиндукционный методы измерения частоты вращения приводного вала.

52. Импульсный, стробоскопический и центробежный методы измерения частоты вращения приводного вала.

53. Выбор вида измерительных средств и определение их погрешностей при регистрации частоты вращения приводного вала.

54. Методы измерения крутящих моментов. Определение мощности на валу электродвигателя путем измерения потребляемой электрической мощности.

55. Балансирные электродвигатели и двигатели на качающейся платформе.

56. Гидротормоза, электрические измерители крутящего момента (торзиометры).

57. Методы измерения температуры рабочей среды и элементов энергетического оборудования (жидкостные термометры, термометры электросопротивления и термоэлектрические пирометры).

58. Понятие о виброчастотной характеристике и общем уровне вибрации. Методы измерения уровня вибрации и шума.

59. Регистрация СКЗ виброскорости при помощи стационарных вибродатчиков и переносных анализаторов.

60. Тензометрические, инерционные, индукционные, пьезовибродатчики.

61. Разложение вибросигнала посредством аналоговой и цифровой техники. Виброанализаторы, настроенные на реализацию метода спектрального анализа по методу преобразования Фурье.

62. Методы получения характеристик кавитации и самовсасывания.

63. Способы кавитационных стендовых испытаний. Стенды для получения характеристик самовсасывания.

64. Частная кавитационная характеристика насосного оборудования.

Характеристика самовсасывания.

65. Атмосферная и временная характеристики самовсасывания.

66. Методы оценки измерений. Погрешности измерений.

67. Общая характеристика измерений. Применение методов корреляционного анализа.

68. Установление минимального количества измерений. Исключение грубых ошибок.

69. Формы представления результатов измерений. Графический анализ результатов измерений.

70. Методы подбора эмпирических формул.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные сведения об энергетическом оборудовании магистральных трубопроводов.	ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Размерные показатели насосов. Показатели назначения.	ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Методы и средства измерения напора (давления), как основного показателя назначения насоса.	ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Методы и средства измерения подачи (расхода), как основного показателя назначения насоса.	ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

			проекту....
5	Способы и стенды для получения основных характеристик насосов и нагнетателей НПС и КС.	ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Общая характеристика измерений, погрешности измерений. Формы представления и анализ результатов измерений	ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1.1. Основы научных исследований: учебник для техн. вузов / В.И. Крутов, И.М. Грушко, В.В. Попов и др.– М.: Высш. шк., 1989. – 400 с.

8.1.2. Теплотехнические измерения и приборы: учебник для вузов / Г.М. Иванова, Н.Д. Кузнецов, В.С. Чистяков.- М.: Изд-во МЭИ, 2005.- 460 с.

8.1.3. Основы научных исследований: курс лекций: учеб. пособие / С.Г. Валюхов, В.В. Бородкин, Ю.А. Булыгин и др.- Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2012. – 238 с.

8.1.4. Машины и оборудование газонефтепроводов: учеб. пособие / С.Г. Валюхов, В.В. Бородкин, Ю.А. Булыгин.- Воронеж: ИПЦ «Научная книга»,

2017. – 295 с.

8.1.5. Методы и средства исследований: курс лекций: учеб. пособие / С.Г. Валюхов, В.В. Бородин, Ю.А. Булыгин.- Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2014. – 121 с.

8.1.6. Методы и средства регистрации параметров энергетического оборудования газонефтепроводов: учеб. пособие / С.Г. Валюхов, В.В. Бородин, Ю.А. Булыгин.- Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2016. – 194 с.

8.1.7. Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С. Сборник задач и вопросов по теплотехническим измерениям и приборам: Учеб. пособие для вузов.- 2-е изд., доп.- М.: Энергоатомиздат; 1985. - 328 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

8.2.1. Электронная информационно-образовательная среда университета <http://eios.vorstu.ru>.

8.2.2. Консультирование посредством электронной почты.

8.2.3. Использование презентаций при проведении лекционных занятий.

8.2.4. Программное обеспечение, используемое в образовательном процессе. Электрон. дан. - Режим доступа: <http://cchgeu.ru/upload/iblock/9a1/perechen-litsenzionnogo-programmnogo-obespecheniya-vgtu.pdf>.

8.2.5. Электронно-библиотечная система (ЭБС), представленная на сайте вуза. Электрон. дан. - Режим доступа: <http://cchgeu.ru/university/library/dostupnye-ebis/>.

8.2.6. Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Электрон. дан. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/>.

8.2.7. Petrolibrary.ru. Электрон. дан. - Режим доступа: <http://petrolibrary.ru>.

8.2.8. Газовая промышленность. Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.gazprom.ru>.

8.2.9. Нефтегазовая промышленность. Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.neftelib.ru/>.

8.2.10. Нефть России. Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.oilru.com/>.

8.2.11. Информационный сайт инженеров нефти и газа. Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.oil-info.ru>.

8.2.12. Нефтегазовая вертикаль. Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.ngv.ru/>.

8.2.13. Нефтегазовое дело. Электрон. дан. - Режим доступа: <http://ogbus.ru>.

8.2.14. Нефть и газ – избранное. Электрон. дан. - Режим доступа: <http://nglib-free.ru/>.

8.2.15. Тех. Лит. ру. Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.tehlit.ru/>.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

9.1. Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

9.2. Проектно-конструкторский центр по договору между ОАО Турбонасос и ФГБОУ ВПО ВГТУ №132/316-13 от 29 ноября 2013 года на создание и обеспечение деятельности базовой кафедры нефтегазового оборудования и транспортировки (базовой кафедры) созданной при базовой организации (компьютеры – 15 шт, МФУ А0))

9.3. Компьютерный класс с доступом в интернет.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Методы и средства регистрации параметров энергетического оборудования» читаются лекции, проводятся практические занятия, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков в выборе методов и средств измерений регламентируемых параметров магистральных и подпорных нефтяных насосов, газотурбинных компрессоров, обработку и представление результатов измерений и подготовку научных материалов к опубликованию. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в учебном классе.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических

	заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.