

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГАОУ ВО «МГТУ»)
«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

УТВЕРЖДАЮ
Начальник ММРК имени И.И. Месяцева
ФГАОУ ВО «МГТУ»



И.В. Артеменко

«26» мая 2023 года

**ФОНД
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

учебной дисциплины ОП.09 Техническая термодинамика и теплопередача
программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ)
специальности 26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок
по программе базовой подготовки
Профиль технологический
Форма обучения очная, заочная
Назначение: промежуточная аттестация

Мурманск
2023 г.

Рассмотрено и одобрено на заседании

Методическая комиссия преподавателей дисциплин профессионального цикла специальностей отделения судовой энергетики.

Председатель МКо (МО/ ЦК)

Е.В. Колоянов

Протокол № от «25» мая 2023 года.

Разработано

на основе ФГОС СПО по специальности 26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 26 ноября 2020 г. № 674 и Международной конвенции о подготовке и дипломированию моряков и несению вахты 1978 года и Кодекса по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты (Кодекс ПДНВ-78) в редакции от 25 июня 2010 года (с учетом Манильских поправок) с поправками в части выполнения требований раздела А-III/1

Автор(ы) (составители): Юрченко М.А, преподаватель «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ ВО «МГТУ»

1. Общие положения

1.1. Фонд оценочных средств (ФОС) дисциплины Техническая термодинамика, теплопередача, гидравлика является составной частью нормативно-методического обеспечения системы оценки качества освоения ППСЗ обучающимися СПО.

1.2. В соответствии с требованиями ФГОС СПО (ФОС) предназначен для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям соответствующей ППСЗ в форме текущего контроля результатов успеваемости и/или промежуточной аттестации.

ФОС разработан в соответствии с:

- Федеральным законом от 29.12.2012 N 273-ФЗ "Об образовании в Российской Федерации";
- федеральными государственными образовательными стандартами среднего профессионального образования (ФГОС);
- Приказом Министерства образования и науки № 464 от 14.06.2013 «Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам среднего профессионального образования» (в редакции Приказа Министерства образования и науки Российской Федерации № 1580 от 15 января 2014 г. и № 31 от 22 января 2014 г.);
- Уставом ФГБОУ ВО «Мурманский государственный технический университет»;
- Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ФГБОУ ВО «МГТУ» по образовательным программам СПО;
- Положением о фонде оценочных средств по образовательным программам среднего профессионального образования ФГБОУ ВО «МГТУ»;
- Учебным планом по специальности 26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок
- Рабочей программой учебной дисциплины Техническая термодинамика и теплопередача;
- Методическим пособием по проведению практических работ по учебной дисциплине Техническая термодинамика, теплопередача, гидравлика
- Методическими рекомендациями по организации Техническая термодинамика, теплопередача, гидравлика

2. Паспорт фонда оценочных средств учебной дисциплины Техническая термодинамика и теплопередача

2.1 ФОС позволяет оценивать ОК и ПК:

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 4. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.

ОК 5. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 6. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения.

ОК 7. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

ОК 8. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ПК 1.1 Обеспечивать техническую эксплуатацию главных энергетических установок судна, вспомогательных механизмов и связанных с ними систем управления.

ПК 1.2 Осуществлять контроль выполнения национальных и международных требований по эксплуатации судна.

ПК 1.3 Выполнять техническое обслуживание и ремонт судового оборудования.

ПК 1.4 Осуществлять выбор оборудования, элементов и систем оборудования для замены в процессе эксплуатации судов.

ПК 1.5 Осуществлять эксплуатацию судовых технических средств в соответствии с установленными правилами и процедурами, обеспечивающими безопасность операций и отсутствие загрязнения окружающей среды.

ПК 3.1 Планировать работу структурного подразделения.

ПК 3.2 Руководить работой структурного подразделения.

ПК 3.3 Анализировать процесс и результаты деятельности структурного подразделения.

2.2 ФОС позволяет оценивать освоение умений:

У1 - выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей;

2.3 ФОС позволяет оценивать усвоение знаний:

31 - общие законы статики и динамики жидкостей и газов,

32 - основные понятия теории теплообмена,

33 - законы термодинамики,

34 - характеристики топлив.

35 – законы гидравлики

36 - устройство насосов и область их применения

37 – устройство и принцип работы гидропривода

2.4. Кодификатор оценочных средств

Код ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в КОС
1	2	3	4
1	Реферат, доклад, сообщение	Продукт самостоятельной работы обучающегося, 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, докладов Методические рекомендации по написанию рефератов.
2	Работа с различными информационными источниками	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п..	Вопросы по темам/разделам/проблеме дисциплины
3	Тестирование	Средство, позволяющее оценить уровень знаний обучающегося путем выбора им одного из нескольких вариантов ответов на поставленный вопрос. Возможно использование тестовых вопросов, предусматривающих ввод обучающимся короткого и однозначного ответа на поставленный вопрос.	Фонд тестовых заданий. Инструкция для обучающихся по выполнению. Критерии и шкала оценивания
4	Практическая работа	Средство, позволяющее оценить умение обучающегося письменно излагать суть поставленной проблемы, самостоятельно проводить анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария соответствующей дисциплины, делать выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме.	Письменно оформленный отчет по практической работе и ответы на вопросы по темам/разделам

Практическое занятие № 1.

Тема: Измерение температуры и давлений с помощью приборов.

Цели работы:

1. Изучить устройство термометра.
2. Научиться пользоваться термометром.
3. Изучить виды давлений, применяемых в технике.
4. Изучить устройство механических приборов для измерения давлений: барометра, вакуумметра, манометра, мановакуумметра.
5. Научить оценивать состояние прибора для измерения давлений его пригодность в эксплуатации.
6. Изучить расположение приборов на насосной установке.
7. Научить правильно снимать показания при помощи приборов для измерения давлений

Оборудование:

1. Термометры – 3 шт.
2. Манометры – 4 шт.
3. Мановакуумметры – 4 шт.
4. Насосная установка с поршневым насосом – 1 шт.
5. Плакаты – 2 шт

Литература:

1. В. А. Кузовлев «Техническая термодинамика и основы теплопередачи» стр 3-19.
2. Конспект.
3. Методичка.

Теоретическое обоснование

В термодинамике и гидравлике основными параметрами рабочего тела являются параметры:

Температура, давление, удельный объем.

Температура измеряется термометрами, шкалы, которых могут быть выполнены в градусах Цельсия и Кельвина.

Температура - степень нагретости тела, которая характеризует среднюю скорость движения молекул.

Термометр состоит из колбочки, куда залита легко расширяющаяся жидкость (ртуть, подкрашенный спирт и другие жидкости). К колбочке припаяна стек-

лянная капиллярная трубочка, в которой расширяется жидкость. Капиллярная трубочка крепится к шкале, градуированной как правило в градусах Цельсия.

Пересчет в градусы оК идет по формуле

$$T = ^\circ\text{C} + 273\text{oK}$$

Корпус стеклянный, в котором размещены колба, капиллярная трубка, шкала, может быть закрыт пробкой или запаян.

Давление – сила удара молекул на площадь, расположенную перпендикулярно движению молекул

$$P = N|S \text{ (н/м}^2\text{) (Па) (КПа)(МПа)}$$

На практике приходится работать с сосудами, в которых давление может быть больше или меньше атмосферного, отобразим это на шкале давлений



1атм (физ)=101,325 10³Па Колебания атмосферного давления
измеряются барометрами

$$1\text{атм} = 10^6 \text{ КПа}$$

$$1\text{атм} = 10^9 \text{ КПа} \qquad \qquad \qquad \text{в мм Рт ст или Па}$$

$$1\text{атм (тех)}=98.0665 \cdot 10^3\text{Па}$$

$$1\text{кгс /см}^2 = 98.0665 \cdot 10^3\text{Па}$$

$$1\text{бар} = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$1\text{атм} = 760 \text{ мм Рт ст}$$

$$1\text{атм} = 10 \text{ м вод ст}$$

Содержание отчета

1. Дать определение температуре.
2. Вычертить схему термометра, указать на ней детали, единицы измерения, диапазон измерения температуры, снятые с образца термометра.
3. Вычертить шкалу сопоставления температурных шкал Цельсия и термодинамической Кузовлев В.А. (Рис2.4, стр 18)
4. Дать определение давлению

5. Вычертить шкалу давлений и указать на ней область названия приборов для измерения давлений.
6. Вычертить схему механического манометра и указать на ней детали.
7. По полученным приборам определить:
 - 7.1 название и назначение прибора
 - 7.2 единицы измерения давления
 - 7.3 диапазон измерения давления
 - 7.4 точность измерения давления
 - 7.5 класс точности прибора
 - 7.6 тип прибора: контрольный или бытовой
8. Определить пригодность полученных приборов к эксплуатации по критериям:
 - 8.1 Есть ли вмятины на корпусе?
 - 8.2 Разбито стекло
 - 8.3 Стоит стрелка прибора на 0
 - 8.4 Есть ли пломба
 - 8.5 Срок проверки приборов через 12 месяцев в лабораториях КИП. Ставится клеймо и дата проверки.
9. Вычертить схему насосной установки и указать прибор установленный на всасывающем трубопроводе и на нагнетательном

Вопросы для самоконтроля :

1. Дать определение температуре.
2. Определить температуру в градусах Кельвина, если температура в градусах Цельсия равна 27,55, 80
3. Рассказать ,какими приборами измеряется колебания атмосферного давления.?
4. Рассчитать вакуумметрическое давление в 80% в мм Рт ст.
5. Определить величину абсолютного давления, если величина манометрического составляет 0,5 МПа.

Практическая работа №2

Тема: Решение задач по применению законов идеальных газов и определение

основных параметров состояния.

Цели работы:

Научиться :

1. Определять параметры идеального газа на основании законов

Бойля – Мариота, Гейлюсака, Шарля.

2. Пользоваться уравнением состояния идеальных газов.
3. Пользоваться уравнением Менделеева.

Оборудование:

1. Плакаты
2. Задачи
3. В,А. Кузовлев «Техническая термодинамика и основы теплопередачи» стр 19 – 27
4. МикроЭВМ.

Содержание отчета:

Записать:

1. Законы идеальных газов.
2. Уравнение состояния идеальных газов
3. Уравнение Менделеева - Клайперона

Решение задач

Задача №1

В баллоне содержится кислород массой 3 кг при давлении 10 МПа и температуре 20 °С. Определить вместимость баллона.

Решение.

На основании уравнения $PV = m R_o T$

$$V = m R_o T / P = 3 \cdot 259,8 \cdot (20 + 273) / 10 \cdot 10^6 = 0,00228 \text{ (м}^3\text{)} = 22,8 \text{ л}$$

$R_o = 259,8$ (Дж/ кг*0К) Взято из приложения № 3

Задача №2

Определить массу воздуха, израсходованного на пуск дизеля в ход, если известно, что вместимость пускового баллона 200 литров, температура в машинном отделении (и воздуха в баллоне) 20 °С. Давление воздуха до пуска 2,26 МПа, после пуска 1,86 МПа.

Решение.

Определяем перепад давления, затраченный на пуск дизеля.

$$P_3 = P_1 - P_2 = 2,26 - 1,86 = 0,4 \text{ МПа}$$

На основании уравнения $P V = m R_o T$

$R_o \text{ в} = 287,1$ (Дж/ кг*0К) Взято из приложения № 3

$$m = P_3 V / R_o \text{ в} T = (0,4 \cdot 0,2) \cdot 10^6 / 287,1 = 293 - 0,951 \text{ кг}$$

Задача № 3

По трубопроводу протекает азот при температуре 130 °С и давлении

300 кПа. Найти массовый расход азота, если объемный расход его $20 \text{ м}^3 / \text{мин}$.

Решение.

Из приложения № 3 находим $R_{\text{аз}} = 296,8 (\text{Дж} / \text{кг} \cdot \text{ОК})$

Из уравнения $PV = m R_{\text{аз}} T$ определяем массовый расход

$$M = PV / R_{\text{аз}} T = 300 * 20 * 10^3 / 296,8 * 505 = 40 (\text{кг} / \text{мин})$$

Вопросы для самоконтроля :

1. Объяснить, с какой целью в термодинамику введено понятие идеального газа?
2. Сформулировать закон Шарля.
3. Перечислить основные параметры идеального газа.
4. Объяснить закон Бойля – Мариота.
5. Объяснить, почему молярная газовая постоянная называется универсальной газовой постоянной?

Практическое занятие № 3

Тема : Расчет газовых смесей

1. Цели работы:

1. Изучить состав смесей жидкостей, газов и паров.
2. Научиться пользоваться таблицей Относительная молекулярная масса и плотность некоторых газов при нормальных физических условиях. (Приложение 2)
3. Рассчитывать смеси газов.
4. Определять количество тепла, участвующего в процессе

2. Оборудование:

1. В.А. Кузовлев Техническая термодинамика и основы теплопередачи
стр 27 – 37.
2. Приложение 2
3. Задачи
4. МикроЭвм

4. Содержание отчета.

1. Записать закон Дальтона и его положения для газовой смеси
2. Дать определение массовой доли компонента
3. Дать определение молярной доли компонента

4. Решение задач

Задача №1

Сухие продукты сгорания мазута массой в 1кг имеют следующий состав:

$$M_{CO_2} = 4 \text{ кг}, M_{CO} = 1.5 \text{ кг}, M_{N_2} = 20, 0 \text{ кг} . M_{O_2} = 2 \text{ кг}$$

Найти массовые компоненты газов, составляющих эту смесь, молярную

и удельную, удельную газовую постоянную смеси.

Решение:

1. Находим массу газовой смеси

$$M = M_{CO_2} + M_{CO} + M_{N_2} + M_{O_2} = 27,5 \text{ кг}$$

2. Вычисляем массовые доли компонентов Z

$$Z_{CO_2} = M_{CO_2} / M = 4 / 27,5 = 0,145$$

$$Z_{CO} = M_{CO} / M = 1,5 / 27,5 = 0,055$$

$$Z_{N_2} = M_{N_2} / M = 20 / 27,5 = 0,727$$

$$Z_{O_2} = M_{O_2} / M = 2 / 27,5 = 0,073$$

3. Проверяем произведенные вычисления – сумма массовых долей равна единице

$$Z_{CO_2} + Z_{CO} + Z_{N_2} + Z_{O_2} = 0,145 + 0,055 + 0,727 + 0,073 = 1$$

Вычисления произведены правильно.

4. Из приложения № 2 ,находим молярных масс компонентов

$$M_{CO_2} = 44,01 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$M_{CO} = 28,01 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$M_{N_2} = 28,01 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$M_{O_2} = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

5. Определяем молярную массу смеси

$$M_{см} = 1 / Z_{CO_2} / M_{CO_2} + Z_{CO} / M_{CO} + Z_{N_2} / M_{N_2} + Z_{O_2} / M_{O_2}$$

$$M_{см} = 1 / 0,145 / 44,01 \cdot 10^{-3} + 0,055 / 28,01 \cdot 10^{-3} + 0,727 / 28,01 \cdot 10^{-3} + 0,073 / 32 \cdot 10^{-3}$$

$$M_{см} = 1 / 0,0333 = 30,03 \cdot 10^{-3} \text{ кг / моль}$$

6. Определяем удельную газовую постоянную смеси

$$R_{см} = 8,3 / 30,03 \cdot 10^{-3} = 276,6 \text{ Дж / (кг * К)}$$

Задача № 2

Смесь газов состоит из водорода и окиси углерода . Массовая доля водорода

$$Z_{H_2} = 6,67 \% .$$

Определить газовую постоянную смеси и ее удельный объем при нормальных условиях.

1. Определяем массовые доли компонентов

$$Z_{H_2} = 6,67 \% . = 0,0667$$

$$Z_{CO} = 0,9333$$

2. Из приложения № 3, определяем :

$$R_{H_2} = 4124,3 \text{ (Дж\кг * К)}$$

$$R_{CO} = 296,8 \text{ (Дж\кг * К)}$$

3. Определяем $R_{см}$

$$R_{см} = Z_{H_2} * R_{H_2} + Z_{CO} * R_{CO}$$

$$R_{см} = 0,0667 * 4123,4 + 0,296,8 * 0,933 = 552 \text{ (Дж\кг * К)}$$

4. Из уравнения газового состояния находим удельный объем смеси

$$PV = RT$$

$$V = RT / P \qquad V = 552 * 273 / 1 * 10^5 = 1,49 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Задача № 3

Анализа продуктов сгорания топлива показал их состав $Z_{CO_2} = 12,2\%$,

$$Z_{O_2} = 7,1\%, Z_{CO} = 0,4\%, Z_{N_2} = 80,3\% .$$

Определить массовый состав газов, входящих в смесь.

Задача № 4

Массовый состав смеси: $CO = 18\%$, $O_2 = 12\%$, $N_2 = 70\%$

До какого давления нужно сжать смесь, находящуюся при нормальных условиях, чтобы при $t = 180 \text{ }^\circ\text{C}$ 8 кг ее занимали объем, равный 4 м^3

Задачи № 3 и №4 решить самостоятельно.

Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте основные положения закона Дальтона.
2. Дать определение массовой доли компонента.
3. Дать определение молярной доли компонента
4. Объяснить, как определяется газовая постоянная смеси?
5. Сформулируйте закон Дальтона.

Практическое занятие № 4

Тема: Определение теплоемкости с помощью формул и таблиц. Расчет количества теплоты.

Цели работы:

1. Изучить виды теплоемкостей и научиться их рассчитывать.
2. Научиться пользоваться «Таблицами истинных удельных теплоемкостей некоторых газов и водяных паров».
3. Научиться рассчитывать теплоемкость смесей.

Оборудование:

1. Плакаты
2. Задачи
3. В.А. Кузовлев «Техническая термодинамика и основы теплопередачи» стр 38 – 47, 318 – 319.
4. МикроЭВМ.

Содержание отчета.

Решение задач

Задача №1

Найти среднюю удельную теплоемкость азота при постоянном давлении при повышении его температуры от 400 до 600° С

Решение.

Искомую теплоемкость принимаем равной истинной удельной теплоемкости при средней арифметической температуре – t_{cp}

$$t_{cp} = (t_1 + t_2) / 2 = (400 + 2000) / 2 = 1200 \text{ } ^\circ \text{C}$$

В приложении № 4 находим истинную удельную теплоемкость азота при

$$t_{cp} = 1200 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$C_p = 1,2414 \text{ (кДж/ кг } ^\circ \text{K)}$$

Это значение истинной удельной теплоемкости изобарной азота в интервале температур от 400 - 2000° С.

Задача № 2

Найти среднюю молярную изобарную теплоемкость водяного пара при повышении температуры от 400 – 1600 °С.

Решение.

1.Находим среднюю молярную изобарную теплоемкость можно по уравнению $C = C_m | M$

$$C_{pm} = C_p M$$

Определяем молярную массу из приложения № 2

$$M_{\text{вод пара}} = 18 * 10^{-3} \text{ кг/ моль}$$

2. Из приложения № 4 находим среднюю удельную изобарную теплоемкость водяного пара C_p , как истинную удельную изобарную теплоемкость водяного пара при средней температуре.

$$t_{cp} = (t_1 - t_2) / 2 = (400 + 1600) / 2 = 1000 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$C_p = 2,4794 \text{ (кДж/ кг } ^\circ\text{K)} = 2,5 \text{ (кДж/ кг } ^\circ\text{K)}$$

4. Определяем искомую среднюю молярную изобарную теплоемкость

$$C_{p,M} = C_p M_{\text{вод пара}} = 2,5 * 18 = 45 \text{ кДж/(моль .K)}$$

Задача № 3

Найти средние удельные изохорную и изобарную теплоемкость азота в интервале температур 2000 – 1000 °С.

Решение.

1.Находим среднюю температуру

$$t_{cp} = (t_1 - t_2) / 2 = (2000 + 1000) / 2 = 1500 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

2. Из приложения № 4 находим среднюю удельную изобарную и изохорную теплоемкость азота при $t_{cp} = 1500 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$$C_p = 1,2694 \text{ кДж/(моль .K)} \qquad C_v = 0,9726 \text{ кДж/(моль .K)}$$

Задача № 4

Состав отработанных газов двигателя внутреннего сгорания в молях следующий

$$n_{\text{co}_2} = 74,8; \quad n_{\text{H}_2\text{O}} = 68; \quad n_{\text{o}_2} = 119; \quad n_{\text{N}_2} = 853$$

найти количество теплоты, выделенное газами при понижении их температуры от 360 до 40 °С при постоянном давлении.

Решение.

1. Определяем среднюю температуру процесса

$$t_{cp} = (t_1 - t_2) / 2 = (360 - 40) / 2 = 200 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

2. Из приложения № 4 находим средние удельные изобарные теплоемкости:

$$\begin{array}{ll} \text{CO}_2 & C_p = 1,11 \text{ кДж/(моль} \cdot \text{К)} & M = 44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль;} \\ \text{O}_2 & C_p = 1,02 \text{ кДж/(моль} \cdot \text{К)} & M = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль;} \\ \text{H}_2\text{O} & C_p = 1,93 \text{ кДж/(моль} \cdot \text{К)} & M = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль;} \\ \text{N}_2 & C_p = 1,09 \text{ кДж/(моль} \cdot \text{К)} & M = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \end{array}$$

3. Вычисляем значения молярных теплоемкостей компонентов

$$\text{CO}_2 \quad C_{pM} = 1,11 \cdot 44 \cdot 10^{-3} = 48,84 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

$$\text{O}_2 \quad C_{pM} = 1,02 \cdot 32 \cdot 10^{-3} = 32,64 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

$$\text{N}_2 \quad C_{pM} = 1,09 \cdot 28 \cdot 10^{-3} = 30,52 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

4. Определяем количество теплоты, выделенное этими газами при понижении температуры

$$Q = (n_{\text{CO}_2} C_{pM} + n_{\text{H}_2\text{O}} C_{pM} + n_{\text{N}_2} C_{pM} + n_{\text{O}_2} C_{pM}) (t_1 - t_2)$$

$$\begin{aligned} Q &= (74,8 \cdot 1,11 \cdot 44 \cdot 10^{-3} + 68 \cdot 1,02 \cdot 32 \cdot 10^{-3} + 119 \cdot 1,93 \cdot 18 \cdot 10^{-3} + \\ &853 \cdot 1,09 \cdot 28 \cdot 10^{-3}) (360 - 40) = (3653,22 + 2219,52 + 4134,06 + 26053,56) \cdot 320 \cdot 10^{-3} = 11,53 \\ &\text{мДж} \end{aligned}$$

Контрольные вопросы:

1. Назвать, от каких параметров зависит значение теплоемкости паров и идеальных газов?
2. Расскажите, как молярную теплоемкость газа по его удельной теплоемкости?
3. Расскажите, как определить среднюю теплоемкость с помощью таблиц?
4. Рассчитайте, во сколько раз молярная теплоемкость кислорода больше его удельной теплоемкости.
5. Найти связь между удельной молярной теплоемкостью.

Практическая работа №5

Тема: Расчет адиабатного и политропного процессов.

Цели работы:

1. Изучить термодинамические процессы с точки зрения первого закона термодинамики.
2. Изучить особенности политропного процесса.
3. Научиться работать с термодинамическими таблицами.
4. Научиться рассчитывать термодинамические процессы

и изображать их в координатах $P - V$ и $T - S$.

Оборудование: 1. Плакаты

2. Задачи

3. В.А. Кузовлев «Техническая термодинамика и основы теплопередачи» стр 58 – 82

4. МикроЭВМ.

Содержание отчета.

Решение задач

Задача №1

В баллоне объемом 15 литров содержится воздух под давлением $P = 0.5$ МПа, при температуре $t_1 = 30$ о С. Какова температура воздуха в результате подвода к нему 16 кДж теплоты?

Найти температуру воздуха в конце подвода тепла t_2

Решение

1 Вычерчиваем схему баллона и наносим на нее данные.

2. Определяем вид термодинамического процесса – изохорный.

3. Из приложения №4 (стр 318) определяем изохорную теплоемкость воздуха

$$c_v = 717 \text{ Дж / кг о К}$$

4. Из уравнения состояния идеальных газов определяем массу воздуха, содержащуюся в баллоне

$$PV = m R_v T \quad m = PV / R_v T$$

R_v – удельная газовая постоянная для воздуха выбирается из приложения №3 (стр 318)

$$R_v = 287,1 \text{ Дж/ кг о К}$$

$$m = PV / R_v T = 0.5 \cdot 10^6 \cdot 0.015 / 287.1 \cdot 303 = 0.071 \text{ кг}$$

5. Из уравнения средней теплоемкости определим t_2

$$Q_{1-2} = m c_v (t_2 - t_1)_{(B_T)}$$

$$t_2 = t_1 + Q_{1-2} / m c_v = (273 + 30) + 16 / 0.071 \cdot 717 = 344 \text{ о С}$$

Ответ : $t_2 = 344$ о С

Задача №2

КАКОЕ КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ НЕОБХОДИМО ЗАТРАТИТЬ,

ЧТОБЫ НАГРЕТЬ 2 м^3 ВОЗДУХА ОТ 100 ДО 500°С ПРИ ПОСТОЯННОМ ИЗБЫТОЧНОМ ДАВЛЕНИИ $0,2\text{ МПа}$? КАКУЮ РАБОТУ СОВЕРШИТ ПРИ ЭТОМ

ВОЗДУХ? ДАВЛЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ПРИНЯТЬ РАВНЫМ $0,1$ МПа.

Дано: $P_{\text{изб}}=0,2\text{ МПа}=0,2\cdot 10^6 \text{ Па}$;

$P_{\text{атм}}=0,1\text{ МПа}=0,1\cdot 10^6 \text{ Па}$;

$t_1=100^\circ\text{С}$;

$t_2=500^\circ\text{С}$;

$V_1=2\text{ м}^3$.

Определить: Q_p, L

РЕШЕНИЕ:

Избыточное давление указывает на сколько давление внутри сосуда больше атмосферного. $P_{\text{изб}}$ измеряется манометрами и получило название манометрического.

Количество теплоты определяем по формуле:

Массу воздуха определяем из уравнения состояния

$$m = \frac{P V_{\text{х}}}{RT} = \frac{(0,2 + 0,1) \cdot 10^6 \cdot 2}{287 \cdot (100 + 273)} \quad \Gamma = 5,6 \text{ кг}$$

Из таблиц

находим $c_{pm} =$

$1,0061 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

$$c_{pm2} = 1,0387 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К});$$

Следовательно,

$$Y_p = c_{pm} \cdot (t_2 - t_1) = 1,0387 \cdot 500 - 1,0061 \cdot 100 = 418,74 \text{ Дж}/\text{кг}$$

Таким образом, чтобы нагреть 2м воздуха от 100 до 500 С при постоянном избыточном давлении 0,2МПа необходимо затратить количество теплоты,

$$Q_p = 5,6 - 418,74 = 2346,956 \text{ кДж}$$

Из соотношения параметров в изобарном процессе имеем

$$\frac{m_{\text{пл}} T_1}{P} = \frac{m_{\text{пл}} T_2}{P} \Rightarrow T_1 = T_2 \frac{V_1}{V_2} = 273 + 500 \frac{2}{4,145} = 273 + 100$$

Работа, совершаемая воздухом

$$L = mR(t_2 - t_1) = 5,6 \cdot 287 \cdot (500 - 100) = 643,4 \text{ кДж}$$

или

$$L = P(V_2 - V_1) = 0,3 \cdot 10^6 \cdot (4,145 - 2) = 643,4 \text{ кДж}$$

ОТВЕТ: $Q_p = 2347 \text{ кДж}$; $L = 643,4 \text{ кДж}$.

Задача 3

В цилиндре дизеля находится воздух при $t = 550^\circ\text{C}$. Определить конечную температуру, удельную работу, сообщенную теплоту, изменение внутренней энергии, если при $P = \text{const}$ объем воздуха удваивается.

Решение.

Термодинамическая температура воздуха

$T_1 = 273 + t_1 = 273 + 550 = 823 \text{ К}$. В цилиндре двигателя происходит изобарный процесс. По условию имеем:

$$V_2 = 2V_1,$$

Температура воздуха в конце изобарного процесса

$$T_2 = T_1 \frac{V_2}{V_1} = T_1 \frac{2V_1}{V_1} = 2T_1, T_2 = 2 \cdot 823 =$$

1646 К. Удельная газовая постоянная воздуха

$$R_0 = 0,287 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}.$$

Удельная работа изменения объема

$$l = R_0(T_2 - T_0) = 0,287 \cdot (1646 - 823) = 236,2$$

Дж/кг. Средняя температура в данном процессе

$$T_{cp} = (T_1 + T_2)/2, \quad T_{cp} = (823 + 1646)/2 = 1235$$

К. При этой температуре воздуха ([1], прил. 4)

- средняя удельная изобарная теплоемкость

$$c_p = 1,1587 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)};$$

- средняя удельная изохорная теплоемкость

$$c_v = 0,8715 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}.$$

Удельная теплота, сообщенная воздуху

в процессе расширения

$$q = c_p(T_2 - T_1),$$

$$q = 1,1587(1646 - 823) = 953,6 \text{ кДж/кг}.$$

Изменение внутренней энергии

$$u = c_v(T_2 - T_1), \quad u = 0,8715(1646 - 823) = 717,2 \text{ кДж/кг}.$$

Ответ: $T_2 = 1646 \text{ K}$; $l = 236,2 \text{ кДж/кг}$;

$$q = 953,6 \text{ кДж/кг}; \quad u = 717,2 \text{ кДж/кг}.$$

Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислить термодинамические процессы.
2. Сформулировать первый закон термодинамики
3. Дать определение изобарному процессу и указать на что идет подведенное тепло?
4. Дать определение изотермическому процессу и указать на что идет подведенное тепло?
6. Дать определение изохорному процессу и указать на что идет подведенное тепло?
7. Дать определение адиабатному процессу и указать как идет процесс?

8. Записать уравнение политропного процесса.
9. Объяснить, как меняется коэффициент политропы n

Практическое занятие № 6

Тема: Расчет многоступенчатого компрессора.

Цели работы:

1. Изучить устройство и принцип действия идеального одноступенчатого поршневого компрессора и рассчитывать его параметры.
2. Изучить устройство и принцип действия идеального многоступенчатого поршневого компрессора и рассчитывать его параметры
3. Изучить устройство и принцип действия реального двухступенчатого поршневого компрессора и рассчитывать его параметры
4. Изучить подготовку и пуск реального двухступенчатого поршневого компрессора .

Оборудование:

1. Модель воздушного компрессора
2. Плакаты.
3. Задача
4. Справочник по воздушным компрессорам
5. МикроЭВМ
6. В.А. Кузовлев «Техническая термодинамика и основы теплопередачи». Стр 117 - 127

Решение задачи

Задача: Вычертить схему получения и хранения сжатого воздуха с давлением 3 МПа, если температура наружного воздуха 20 °С, давление 0,1 МПа, сжатие идет по политропе $n = 1.2$, расход воздуха 0,05 м³ / с

Решение

1. Вычерчиваем схему получения и хранения сжатого воздуха
2. Определяем степень повышения давления

$$\epsilon = P_2 / P_1 = 3 / 0,1 = 5,4$$
3. Определяем давление в конце сжатия в цилиндре низкого давления

$$P_2^1 = \epsilon * P_1 = 5,4 * 0,1 = 0,54 \text{ (МПа)}$$
4. Определяем температуру в конце сжатия в цилиндре низкого давления
5. Определяем температуру в конце сжатия в цилиндре низкого давления

$$T_2^1 = T_1 * \epsilon^{n-1/n} = 293^{0,2/1,2} = 380,9 \text{ }^\circ\text{K} = 107,9 \text{ }^\circ\text{C}$$
6. Определяем величину давления в начале сжатия в цилиндре высокого давления

$$P_3 = P_2^1 = 0,54 \text{ (МПа)}$$
7. Определяем температуру в начале сжатия в цилиндре высоко-

го давления

$$T_3 = T_2^1 = 380,9^\circ \text{ K} = 107,9^\circ \text{ C}$$

8. Определяем величину давления в конце сжатия в цилиндре высокого давления

$$P_4 = \epsilon * P_3 = 5,4 * 0,54 = 2,96 \text{ (МПа)}$$

9. Определяем температуру в конце сжатия в цилиндре высокого давления

$$T_4 = T_3 * \epsilon^{n-1/n} = 380,9 * 1,3 = 432^\circ \text{ K} = 211^\circ \text{ C}$$

10. Определяем мощность, затраченную. На сжатие воздуха в ступене низкого давления

$$N = P_1 V_t (P_2^1 / P_1)^{n-1/n} - 1) n-1/n - 0,1 * 10^6 0,05(5,4^{0,1,2} - 1) * 6 = 5,6 \text{ кВт}$$

11. Мощность, затраченная на привод компрессора

$$N_k = 2 N = 11, 2 \text{ кВт}$$

12. Расчетные параметры сжатого воздуха нанести на схему.

Контрольные вопросы:

1. Дать определение степени повышения давления.
2. Объяснить, почему ограничивается степень повышения давления в воздушных компрессорах?
3. Назвать состав воздуха.
4. Объяснить, что такое гремучая смесь и от чего будет зависеть ее воспламенение?
5. Рассказать для какой цели за каждой ступенью компрессора ставятся воздушные холодильники?
6. Объяснить, как работает водомаслоотделитель?

Практическое занятие № 7

Тема: Расчет термодинамического цикла ДВС с изохорным подводом теплоты.

Расчет параметров в точках процесса.

Цели работы:

1. Изучить устройство и схему работы 4 – х тактного ДВС.

2. Научиться строить циклы с изохорным подводом тепла на $P - S$ и $T - S$ диаграммах.
3. Научиться рассчитывать параметры в точках цикла.
4. Научиться рассчитывать работу цикла.

Оборудование:

1. Модель 4 – х тактного ДВС.
2. Плакаты.
3. МикроЭВМ
4. В.А. Кузовлев стр 127 – 137

Содержание отчета:

1. Кратко описать устройство и схему работы 4 – х тактного ДВС.
Вычертить 4 такта ДВС с указанием положения поршня и клапанов.
2. Изобразить схему работы 4 – х тактного ДВС в координатах $P - V$ и $T - S$ и подписать процессы.
3. Задача: Исследовать цикл мотоциклетного двигателя с изохорным подводом теплоты, если дано: $P_a = 0,1 \text{ МПа}$, $t_a = 100^\circ \text{ C}$, $V_c = V_{кc} = 1,5$ литра. $\epsilon = 6$,
 $\xi = 1,8$, $\kappa = 1,4$, рабочее тело воздух.
Определить:
 1. Параметры рабочего тела в характерных точках,
 2. Работу цикла и кпд.

Решение:

Определяем параметры в характерных точках;

Точка т. «а»:

1. Подсчитываем объем в т. «а»

$$1.1 \xi = V_a / V_c = 6 \quad V_a = 6 * 1,5 \cdot 10^{-3} = 0,009 \text{ (м}^3 \text{)}$$

$$1.2 T_a = 273 + 100^\circ \text{ C} = 373 \text{ }^\circ \text{ K}$$

$$1.3 P_a = 0,1 \text{ МПа}$$

Точка т. «с»:

$$2.1 P_c = P_a * \epsilon^\kappa = 0,1 * 6^{1,4} = 1,1 \text{ МПа}$$

$$2.2 T_c = T_a * \epsilon^{\kappa-1} = 373 * 6^{0,4} = 720 \text{ }^\circ \text{ K}$$

$$2.3 V_c = 1,5 \text{ л} = 0,0015 \text{ (м}^3 \text{)}$$

3. Точка т. «z»:

$$3.1 \quad \xi = P_z / P_c = 1,8 \quad P_z = \xi P_c = 1,8 * 1,1 = 1,98(\text{МПа})$$

$$3.2 \quad T_z = T_c \xi = 720 * 1,8 = 1296 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$3.3 \quad V_z = V_c = 0,0015 (\text{м}^3)$$

4. Точка г. «б»:

$$4.1 \quad V_b = V_a = 0,009(\text{м}^3)$$

$$4.2 \quad P_b = P_z / \xi = 1,98 / 6^{1,4} = 0,14 (\text{МПа})$$

$$4.3 \quad T_b = T_a \quad P_b / P_a = 373 \cdot 0,14 / 0,1 = 373 * 1,4 = 522,2 \text{ }^\circ\text{K}$$

Расчетные параметры точек нанести на диаграмму P – V

Определяем работу цикла:

Работа цикла

$$L_o = L_{z-b} - L_{a-c}$$

$$L_{z-b} = P_z V_z - P_b V_b / \kappa - 1 = 1,98 \cdot 10^6 * 0,0015 - 0,14 \cdot 10^6 * 0,009$$

/0,4 =

$$= 0,004275 * 10^6 = 4275 \text{ Дж} = 4,275(\text{ КДж})$$

$$L_{a-c} = P_c V_c - P_a V_a / \kappa - 1 = 1,110^6 * 0,0015 - 0,1 \cdot 10^6 \cdot 0,009 / 0,4 = 1,875 (\text{КДж})$$

$$L_o = L_{z-b} - L_{a-c} = 4,275 - 1,875 = 2,4(\text{КДж})$$

$$\text{Термический кпд цикла } \mathcal{Z}_t = 1 - 1 / \xi^{\kappa-1} = 1 - 0,476 = 0,52 = 52\%$$

Практическое занятие №8

Тема: Определение параметров воды и пара по таблицам и диаграммам.

Цели работы:

1. Изучить таблицы водяных паров.
2. Научиться пользоваться диаграммами водяных паров.

Оборудование:

1. Таблицы водяных паров.
 2. Диаграмма водяных паров h – S
3. В.А.Кузовлев «Техническая термодинамика и основы

Ход выполнения работы:

1. Приложение №5, Стр 320 , Параметры насыщенного водяного пара по давлениям выбираем параметры пара по заданному давлению.

Задача № 1

Давление насыщенного пара составляет 0.2 МПа.

Определить параметры насыщенного пара и записать их величины, дать определение параметрам, параметры насыщенного пара приводятся на Стр157 – 162.

Решение

Насыщенный пар при $P = 0.2$ МПа имеет следующие параметры:

$$t_s = 60.08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$v^1 = 0,0010171 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$v^{11} = 7,647 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$\rho = 0.1308 \text{ кг/ м}^3$$

$$h^1 = 251,4 \text{ кДж/ кг}$$

$$h^{11} = 2609 \text{ кДж/ кг}$$

$$r = 2358 \text{ кДж/ кг}$$

$$s^1 = 0,8321 \text{ кДж/(кг К)}$$

$$s^{11} = 7.830 \text{ кДж/(кг К)}$$

Определение параметров перегретого пара.

Перегретый пар определяется двумя параметрами: давлением и температурой перегрева и его параметры приводятся в приложении № 6, Стр 322

Задача № 2

Определить параметры перегретого пара под давлением 0,2 МПа и температурой 200оС

Решение

По приложению № 6 по $P = 0,2$ МПа и $t = 200$ оС, определяем параметры:

$$v = 10,905 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$h = 2879 \text{ кДж/ кг}$$

$$s = 8,576 \text{ кДж/(кг К)}$$

Задача № 3

1. По диаграмме водяных паров $h - S$ определить параметры:

1.1 Для насыщенного пара $P = 0,2$ МПа

1.2 Для сухого пара $P = 0,2$ МПа

1.3 Для перегретого пара $P = 2$ МПа и $t = 200$ оС

Контрольные вопросы:

1. Дать определение:

1.1 Давлению

- 1.2 Температуре кипения
- 1.3 Удельному объему
- 1.4 Плотности
- 1.5 Энтальпии
- 1.6 Энтропии.

Практическое занятие №. 9

Тема: Расчет цикла Ренкина паросиловой установки.

Цели работы:

1. Изучить состав элементов теоретического цикла Ренкина.
2. Научиться строить цикл Ренкина в координатах $P - V$ и $T - S$.
3. Научиться пользоваться диаграммой водяных паров для определения параметров водяного пара.
4. Научиться решать задачи на цикл Ренкина.

Оборудование:

1. Задачи
2. В.А. Кузовлев «Техническая термодинамика и основы теплопередачи»

Стр 205 – 235.

3. МикроЭВМ

Содержание отчета:

Решение задач.

Задача № 1

Найти удельный расход водяного пара и термический КПД идеального парового двигателя, работающего по циклу Карно, если начальные параметры пара $P_1 = 2$ МПа, $X = 0.9$, а давление в конденсаторе $P_2 = 20$ кПа.

Решение.

1. Вычерчиваем схему идеальной паросиловой установки и подписываем ее элементы.
2. Строим цикл Ренкина в координатах $P - V$ и $T - S$ и подписываем элементы в которых происходят процессы.
3. Для нахождения удельного расхода пара и термического КПД на h_s диаграмме водяного пара устанавливаем адиабатный перепад удельной энтальпии h_t . Для этого находим на h_s диаграмме водяного пара точку 1 на линии пересечения изобары $P_1 = 2$ МПа

$X = 0.9$ находим $h_1 = 2799$

4. Проведя из этой точки линию параллельную оси ординат, в пересечении с изобарой $P_2 = 20 \text{ кПа} = 0,02 \text{ МПа}$ получаем точку 2. В этой точке $h_2 = 1980 \text{ кДж/кг}$
5. Находим, что $h_t = h_1 - h_2 = 2799 - 1980 = 819$
6. Удельная работа равна циклу Ренкина равна h_t
 $L_0 = h_t = 819 \text{ (кДж/ кг)}$
7. Удельная работа пара в кВт*ч/кг $L_{01} = L_0 / 3.6 * 10^6 \text{ Дж}$
 $L_{01} = 819 / 3.6 * 10^6 = 0.2275 \text{ (кВт*ч/кг)}$
8. Определяем удельный расход пара, величина обратная удельной работе
 $d_0 = 1 / L_0 = 1 / 819 = 0.00122 \text{ (кг/Дж)}$
 $d_{01} = 1 / L_{01} = 1 / 0.2275 = 4.395 \text{ (кг/Дж)}$
9. Для вычисления Z_t найдем в приложении № 5 удельную энтальпию воды h_{2-1} при $P_1 = 0,02 \text{ МПа}$ и температуре кипения t_{2s}
 $h_{2-1} = 251.4 \text{ Дж/кг}$

$$Z_t = h_t / (h_1 - h_{2-1}) = 819 / (2799 - 251.4) = 0.305$$

Задача № 2

Паросиловая установка работает по циклу Ренкина с массовым расходом пара 2660 кг/ч . Пар поступает в машину с сухим с $P_1 = 2 \text{ МПа}$ и расширяется адиабатно до $P_2 = 20 \text{ кПа} = 0,02 \text{ МПа}$.

Найти Z_t Расход пара на $1 \text{ кВт} * \text{ч}$ и мощность машины.

Решение.

1. Вычерчиваем схему идеальной паросиловой установки и подписываем ее элементы.
10. Строим цикл Ренкина в координатах $P - V$ и $T - S$ и подписываем элементы в которых происходят процессы.
11. Для нахождения удельного расхода пара и термического КПД на h_s диаграмме водяного пара устанавливаем адиабатный перепад удельной энтальпии h_t . Для этого находим на h_s диаграмме водяного пара точку 1 на линии пересечения изобары $P_1 = 2 \text{ МПа}$ и $X = 1$, находим $h_1 = 2799 \text{ кДж/кг}$
12. Проведя из этой точки линию параллельную оси ординат, в пересечении с изобарой $P_2 = 20 \text{ кПа} = 0,02 \text{ МПа}$ получаем точку 2. В этой точке $h_2 = 1980 \text{ (кДж/кг)}$
13. Находим, что $h_t = h_1 - h_2 = 2799 - 1980 = 819 \text{ (кДж/кг)}$
14. Удельная работа равна циклу Ренкина равна h_t
 $L_0 = h_t = 819 \text{ (кДж/ кг)}$
15. Удельная работа пара в кВт*ч/кг $L_{01} = L_0 / 3.6 * 10^6 \text{ Дж}$

$$L_{o1} = L_o / 3,6 * 10^6 = 819 * 10^3 / 3,6 * 10^6 = 0,227 \text{ (кВт*ч/кг)}$$

16. Определяем удельный расход пара, величина обратная удельной работе

$$d_o = 1/L_o = 1/819 = 1,22 * 10^{-3} \text{ (кг/Дж)}$$

$$d_{o1} = 1/L_{o1} = 1/0,227 = 4,4 \text{ кг/(кВт *ч)}$$

.Определяем термический КПД

$$\mathcal{Z}_t = h_t / h_1 - h_{2-1} = 819/2799 - 251,4 = 0,3214 \text{ (32\%)}$$

17. Определяем мощность паровой машины

$$N =$$

Задача № 3

Паросиловая установка работает по циклу Ренкина сухим насыщенным паром в пределах давлений $P_1 = 1,6$ МПа, $P_2 = 0,12$ МПа. Для повышения экономичности был введен перегрев пара до 320 оС с сохранением прежних давлений. Сравнить термические КПД.

Решение.

1. На диаграмме hs водяного пара устанавливаем адиабатный перепад удельной энтальпии h_t . Для этого находим на hs диаграмме водяного пара точку 1 на линии пересечения изобары $P_1 = 1,6$ МПа и $X = 1$, находим $h_1 =$ (кДж/кг)

2. Проведя из этой точки линию параллельную оси ординат, в пересечении с изобарой $P_2 = 0,12$ МПа получаем точку 2.

В этой точке 2 $h_2 =$ (кДж/кг)

18. Находим, что $h_{t-1} = h_1 - h_{2-1} =$

1. Для вычисления \mathcal{Z}_t найдем в приложении № 5 удельную энтальпию воды h_{2-1} при $P_1 = 0,12$ МПа и температуре кипения t_{2s} , $h_{2-1} = 231,7$ Дж/кг

Определяем $\mathcal{Z}_{t-1} = h_t / h_1 - h_{2-1} =$

1. На диаграмме hs водяного пара устанавливаем адиабатный перепад удельной энтальпии h_{t-2} . Для этого находим на hs диаграмме водяного пара точку 1 на линии пересечения изобары $P_1 = 1,6$ МПа и $12:17 t = 320$ оС находим $h_1 =$ (кДж/кг)

2. Проведя из этой точки линию параллельную оси ординат, в пересечении с изобарой $P_2 = 0,12$ МПа получаем точку 2.

В этой точке 2 $h_2 =$ (кДж/кг)

2. Находим, что $h_{t-2} = h_1 - h_{2-2} =$

3. Определяем $\mathcal{Z}_{t-2} = h_{t-2} / h_1 - h_{2-1} =$

Задача № 4

К паросиловой установке, работающей по циклу Ренкина с параметрами

$P_1 = 2,5$ МПа и $12:17$ $t_1 = 360$ °С, присоединен конденсатор. В котором поддерживается вакуум 60%. Найти параметры отработанного пара x_2 , $12:17$ t_2 , v_2 и подсчитать относительную экономию по сравнению с работой при $P_2 = 0.11$ МПа

Контрольные вопросы:

1. Назвать из каких элементов состоит цикл Карно.
2. Объясните, какие процессы происходят:
3. в котле?
4. в пароперегревателе?
5. в паровой турбине?
6. в конденсаторе?

Практическое занятие №. 10

Тема: Расчет сопла Лавалья.

Цели работы:

1. Изучить процессы, протекающие:

1. 1 в соплах,
 1. 2 в диффузорах
 1. 3 при дросселировании
 1. 4 в сопле Лавалья
2. Научиться рассчитывать сопло Лавалья

Оборудование:

1. Модель Эжектора
2. Модели диффузоров
3. В.А. Кузовлев «Техническая термодинамика и основы теплопередачи» стр 187 – 205
4. Задачи
5. МикроЭВМ

Содержание отчета:

1. Вычертить сопло и указать процессы, там происходящие.

2. Вычертить диффузор и указать процессы, там происходящие.
3. Вычертить схему процесса дросселирования газа или пара стр 202
4. Вычертить схему сопла Лаваля и объяснить процесс истечения. Стр 194.
5. Задачи:

Задача № 1

Перегретый водяной пар с $p_1 = 16$ бар и $t_1 = 400^\circ\text{C}$ расширяется в сопле по адиабате до $p_2 = 1$ бар. Расход пара через сопло $M = 4,5$ кг/сек. Определить минимальное и максимальное сечение сопла .

Решение

1. Определяем площадь минимального сечения сопла

$$F_{\text{мин}} = M / 0.667 \quad p_1 / v = 4,5 / 0,667 \cdot 16 \cdot 10^5 / 0.1899 = 0,00233 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$F_{\text{мин}} = 23.3 \text{ см}^2$$

V_1 выбираем из таблицы перегретого пара $p_1 = 16$ бар и $t_1 = 400^\circ\text{C}$

$$V_1 = 0,1899 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

2. Определяем площадь максимального сечения сопла

$$F_{\text{мак}} = M V_2 / c = M V_2 / 44,76 \cdot h_1 - h_2 \text{ (м}^2\text{)}$$

Из диаграммы $h - s$ водяных паров. $h_1 - h_2 = 607$ кДж / кг

$$V_2 = 1,66 \text{ (м}^3 / \text{кг)}$$

$$c = 44,76 \cdot 607 = 1100 \text{ м/ сек}$$

$$F_{\text{мак}} = M V_2 / c = 4.5 \cdot 1.66 / 1100 = 0.00685 \text{ (м}^2\text{)} = 68.5 \text{ см}^2$$

Задача № 2

Давление воздуха при движении по трубопроводу понижается

Вследствие местных сопротивлений от 8 бар до 6 бар

Начальная температура воздуха $t_B = 20^\circ\text{C}$.

Определить изменение температуры и энтропии температуры воздуха после дросселирования.

Решение

При дросселировании энтальпия воздуха начальном и конечном состояниях одинакова, $h_1 = h_2$,то $t_2 = t_1 = 20^\circ\text{C}$.

Приращение энтропии определяем по формуле

$$S = c \cdot -R \ln p_1 / p_2 = 287 \cdot 2,3 \cdot 8/6 = 82.6 \text{ (КДж / кг * К)}$$

Задача № 3

В стальном баллоне находится 6,25 кг воздуха, при $p_1 = 5$ МПа, при выпуске из баллона воздуха он дросселируется до $p_2 =$ МПа. Определить приращение энтропии.

Задачу № 3 решить самостоятельно.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить процессы, протекающие в суживающем сопле.
2. Объяснить процессы, протекающие в диффузорах.
3. Объяснить процессы, протекающие при дросселировании газов.
4. Объяснить конструкцию сопла Лаваля и процессы там происходящие
5. Дать определение критической скорости.

Практическое занятие №. 11

Тема: Построение теоретического цикла паровой компрессорной холодильной машины.

Цели работы:

1. Изучить свойства хладагентов: аммиака и фреона.
2. Изучить состав одноступенчатой идеальной холодильной установки.
3. Научиться строить обратный цикл Карно на диаграмме $P - h$ для аммиака.
4. Определять параметры аммиака в характерных точках.

Оборудование:

1. Плакаты.
2. Диаграмма $P - h$ для аммиака
3. Задача.
4. МикроЭВМ

Теоретическое обоснование:

Хладагенты – жидкости, кипящие при низких температурах; аммиак и фреон, наиболее распространенные в промышленности.

Аммиак – бесцветный газ, легче воздуха, обладающий удушливыми свойствами, воздействует на слизистые оболочки дыхательных путей и глаз.

При концентрации аммиака в воздухе 16 – 25 % образуется гремучая смесь, что увеличивает пожароопасность.

Аммиак в присутствии воды корродирует цинк, медь и другие сплавы, поэтому все элементы холодильной установки делают из черных металлов.

Аммиак не разрушает озоновый слой атмосферы.

Фреон – газ без цвета и запаха, тяжелее воздуха, скапливается внизу, при больших

концентрациях является ядом и приводит к смерти.

Фреон не реагирует с цветными металлами, обладает большей холодопроизводительностью, чем аммиак, обладает большой текучестью – способностью проникать через малейшие не плотности, даже через поры чугуна.

Отсутствие запаха и цвета затрудняет обнаружение утечек.

Фреон разрушает озоновый слой атмосферы, поэтому согласно международной конвенции к 2024г будет полностью заменен на другие хладагенты.

Задача:

Построить цикл Карно для одноступенчатой идеальной холодильной установки, работающей на аммиаке, если температура кипения – 20°C , температура конденсации $+30^{\circ}\text{C}$, Построение произвести на диаграмме $P - h$ для аммиака, определить параметры аммиака в характерных точках, термический КПД цикла.

Решение:

1. Вычерчиваем схему одноступенчатой идеальной холодильной установки,
2. Расставляем характерные точки и подписываем элементы схемы.
3. Разбираемся с диаграммой $P - h$ для аммиака, находим пограничные кривые, определяем зоны жидкости, насыщенного пара, сухого пара, перегретого пара.
4. На диаграмме $P - h$ находим температура кипения аммиак – 20°C и проводим прямую параллельную оси ординат до пересечения с линией сухого пара, точка 2. Процесс происходит в испарителе, изотерма совпадает с изобарой, происходит отвод тепла от горячего источника к холодному, при этом насыщенный пар превратился в сухой и отсасывается компрессором и нагнетается в конденсатор, точка 3. Процесс 3 – 4 происходит в конденсаторе, где тепло, отобранное аммиаком от холодного источника и полученное в компрессоре в результате сжатия отдается прокачиваемой воде и аммиак из газообразного состояния превращается в жидкость точка 4.

На диаграмме $P - h$ находим температура конденсации аммиака $+30^{\circ}\text{C}$ и проводим прямую параллельную оси ординат до пересечения с линией сухого пара,

Из точки 4 проводим перпендикуляр на линию кипения аммиака, получаем точку 1, входа аммиака в испаритель.

Процесс 4 – 1 происходит в ТРВ и сопровождается падением давления и жидкий аммиак получается перегретым относительно нового давления и кипит.

5. Определяем параметры в точках.

$$\text{Точка 1} \quad P_1 = 2 \text{ Bar}, T_1 = -20^{\circ}\text{C}, X_1 = 1, V_1 = 0,7 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

$$S_1 = 0,23 \text{ Дж/}^{\circ}\text{K} \cdot \text{кг}, I_1 = 340 \text{ Дж/ кг.}$$

$$\text{Точка 2} \quad P_2 = 2 \text{ Bar}, T_2 = -20^{\circ}\text{C}, X_2 = 0,22, V_2 = 0,1 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

$$S_2 = 6,5 \text{ Дж/}^{\circ}\text{K} \cdot \text{кг}, I_2 = 1450 \text{ Дж/ кг.}$$

$$\text{Точка 3.} \quad P_3 = 12 \text{ Bar}, T_3 = +30^{\circ}\text{C}, X_3 = 0,98, V_3 = 0,15 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

$$S_3 = 6,5 \text{ Дж/}^\circ\text{К}\cdot\text{кг}, I_3 = 1450 \text{ Дж/кг.}$$

$$\text{Точка 4} \quad P_4 = 12 \text{ Bar}, T_4 = +30^\circ\text{C}, X_4 = 0,25 \quad V_4 = 0.006 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$S_4 = 0,23 \text{ Дж/}^\circ\text{К}\cdot\text{кг}, I_4 = 340 \text{ Дж/кг.}$$

Точка 5

$$P_5 = 2 \text{ Bar}, T_5 = -20^\circ\text{C}, X_5 = 0,008, V_5 = 0,01 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$S_5 = 0,7 \text{ Дж/}^\circ\text{К}\cdot\text{кг}, I_5 = 140 \text{ Дж/кг}$$

6. Параметры аммиака в характерных точках наносим на схему одноступенчатой идеальной холодильной установки.
7. Определяем термический КПД
8. $\varepsilon_x = 1 / (T_1 / T_2 - 1) = 1 / (303 / 253 - 1) = 1 / 0,197 = 5,07$

Вопросы для самоконтроля:

1. Объяснить свойства аммиака.
2. Рассказать о процессах, протекающих в испарителе.
3. Объяснить, где заканчивается процесс отвода тепла в испарителе на диаграмме $P - h$?
5. Определить параметры аммиака в точке 3.
6. Рассказать о процессах, протекающих в конденсаторе.
7. Объяснить процессы, протекающие в ТРВ.
8. Рассказать, что представляет собой холодильный КПД?

Практическое занятие №. 12

Тема : Определение параметров состояния аммиака по диаграмме.

Расчет обратного цикла Карно.

Практическое занятие №. 13

1. **Тема:** Расчет количества теплоты теплопроводностью в различных случаях теплообмена.
- 2.

Цели работы:

3. Изучить процесс передачи тепла через многослойную стенку теплопроводностью.
4. Изучить процесс передачи тепла через многослойную стенку теплопередачей.

Оборудование:

1. Плакаты.
2. Задачи.

3. МикроЭВМ

Теоретическое обоснование:

Теплообменом называется процесс переноса теплоты в пространстве и передаче ее от одних тел к другим.

Различают три способа переноса теплоты в пространстве: теплопроводностью, конвекцией и излучением. И два способа теплообмена между телами - конвективный и лучистый.

Теплопроводность

Перенос теплоты теплопроводностью происходит в основном в твердых телах, так как теплопроводность жидкостей не велика.

Теплопроводность рассматривается как самостоятельный процесс, который может протекать только в твердых телах. Обязательным условием процесса передачи теплоты теплопроводностью является разность температур поверхностей стенки, при этом образуется поток теплоты, направленный от поверхности стенки с большей температурой к поверхности стенки с меньшей температурой.

По основному закону коэффициент теплопроводности и – закону Фурье – тепловой поток прямо пропорционален площади поверхности, разности температур на обеих ее поверхностях и обратно пропорционален толщине стенки.

$$\Phi = \lambda S (t_{1cn} - t_{2cn}) / \delta \text{ (Вт)}$$

λ - коэффициент теплопроводности характеризует способность тел проводить тепло и зависит от природы тела, его относительной влажности и пористости. Влага, заполняя поры тела, увеличивает его теплопроводность, а пористость тела наоборот, уменьшает ее. Чем пористее тело, тем больше в нем содержится воздуха, а теплопроводность воздуха в 20 – 25 раз меньше теплопроводности воды.

На коэффициент теплопроводности влияет температура тела, чем она выше, тем выше коэффициент теплопроводности.

Поверхностная плотность теплового потока

$$g = \Phi / S = \lambda (t_{1cn} - t_{2cn}) / \delta \text{ (Вт/ м}^2\text{)}$$

$$g = (t_{1cn} - t_{2cn}) R \text{ (Вт/ м}^2\text{)}$$

$$R = \delta / \lambda \text{ (м}^2 \text{ } ^\circ\text{K / Вт)}$$

В паровых котлах поверхность нагрева покрыта сажей и накипью, поэтому тепловой поток, проходя через эту стенку, преодолевает сопротивление трех слоев: сажи, металла и накипи.

Поверхностная плотность теплового потока сквозь трехслойную стенку определяется по формуле

$$g = (t_{1cn} - t_{4cn}) / (R_1 + R_2 + R_3) \text{ (Вт/ м}^2\text{)}$$

$$t_{2ст} = t_{1ст} - g R_1$$

$$t_{3ст} = t_{2ст} - g R_2$$

$$t_{4ст} = t_{3ст} - g R_3$$

Общее правило: температура данной поверхности плоской стенки равна температуре предыдущей поверхности за вычетом произведения плотности теплового потока на термическое сопротивление рассматриваемой стенки.

Конвективный теплообмен.

Конвективный теплообмен – это процесс совместной передачи теплоты конвекцией и теплопроводностью. На практике это теплообмен между поверхностью твердой стенки и омывающей ее жидкостью и называется теплоотдачей.

Тепловой поток при конвективном теплообмене рассчитывается по уравнению Ньютона – Рихмана.

$$\Phi = \alpha S (t_1 - t_2) \text{ (Вт)}$$

α - коэффициент теплоотдачи (Вт/м² °К)

На коэффициент теплоотдачи влияют: скорость потока жидкости, характер сил, вызывающих ее движение, физические свойства жидкости (плотность, вязкость, теплопроводность) и режим движения жидкости: ламинарный, турбулентный.

S – площадь поверхности через которую происходит передача тепла.

t_1 – температура нагревающего тела °С

t_2 – температура нагреваемого тела °С

Задача № 1

Рассчитать процесс передачи тепла теплопроводностью через поверхность, площадью 2,5(м²), состоящую из слоя накипи, толщиной 1мм, металла толщиной 5 мм и масла толщиной 0,5 мм, если через нее проходит тепловой поток 30000Дж. Температура на поверхности накипи равна 30 °С.

Определить $t_{2ст}$, $t_{3ст}$, $t_{4ст}$

Решение:

1. Вычерчиваем в масштабе схему передачи теплоты через трехслойную стенку в координатах $t - \delta$
2. Из таблицы 18.1 находим α - коэффициент теплопроводности для:
Накипи $\alpha_H = 1 \text{ (Вт/м}^2 \text{ °К)}$,
 $\alpha_{ст} = 40 \text{ (Вт/м}^2 \text{ °К)}$,
 $\alpha_M = 1,2 \text{ (Вт/м}^2 \text{ °К)}$,
3. Определяем поверхностную плотность теплового потока

$$g = \Phi / S = 30000 / 2,5 = 12000 \text{ (Вт/м}^2 \text{)}$$

4. Рассчитываем термические сопротивления каждого слоя

$$R_1 = \delta_1 / \lambda_1 = 1\text{мм}/1 \text{ Вт/ м}^{\circ} \text{ К} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^{\circ} \text{ К/ Вт)}$$

$$R_2 = \delta_2 / \lambda_2 = 5/40 = 0,125 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^{\circ} \text{ К/ Вт)}$$

$$R_3 = \delta_3 / \lambda_3 = 0,5/1,2 = 0,416 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^{\circ} \text{ К/ Вт)}$$

5. Определяем температуры стенок.

$$t_{2\text{ст.}} = t_{1\text{ст.}} - q R_1 = 30 - 12000 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 30 - 12 = 18^{\circ} \text{ С.}$$

$$t_{3\text{ст.}} = t_{2\text{ст.}} - q R_2 = 18 - 12000 \cdot 0,125 \cdot 10^{-3} = 18 - 1,5 = 16,5^{\circ} \text{ С.}$$

$$t_{4\text{ст.}} = t_{3\text{ст.}} - q R_3 = 16,5 - 12000 \cdot 0,416 \cdot 10^{-3} = 16,5 - 5 = 11,5^{\circ} \text{ С.}$$

6. На схеме передачи теплоты через трехслойную стенку в координатах $t - \delta$ откладываем температуры стенок.

Задача № 2

Рассчитать конвективный теплообмен в конденсаторе холодильной установки, если температура заборной воды 30° С , коэффициент теплоотдачи от воды к стенке $\lambda_{\text{H}_2\text{O}} = 3000 \text{ Вт/ м}^2 \text{ }^{\circ} \text{ К}$, толщина накипи $0,2 \text{ мм}$, толщина металла 3 мм , толщина слоя масла $1,5 \text{ мм}$, коэффициент теплоотдачи от стенки к аммиаку при конденсации $\lambda_{\text{к}} = 6000 \text{ Вт/ м}^2 \text{ }^{\circ} \text{ К}$, температура конденсации аммиака -30° С , а тепловой поток составляет 3000 Дж .

1. Вычерчиваем схему передачи теплоты через трехслойную стенку в координатах $t - \delta$

5. Из таблицы 18.1 находим λ - коэффициент теплопроводности для:

$$\text{Накипи } \lambda_{\text{Н}} = 1 \text{ (Вт/ м}^2 \text{ }^{\circ} \text{ К)},$$

$$\lambda_{\text{ст}} = 40 \text{ (Вт/ м}^2 \text{ }^{\circ} \text{ К)},$$

$$\lambda_{\text{м}} = 1,2 \text{ (Вт/ м}^2 \text{ }^{\circ} \text{ К)},$$

6. Вычисляем термические сопротивления каждого слоя стенки при теплопередаче.

$$R_1 = 1/ \lambda_{\text{H}_2\text{O}} = 1/3000 = 3,3 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^{\circ} \text{ К/ Вт)}$$

$$R_2 = \delta_{\text{Н}} / \lambda_{\text{Н}} = 0,2 \cdot 10^{-3} / 1 = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^{\circ} \text{ К/ Вт)}$$

$$R_3 = \delta_{\text{ст}} / \lambda_{\text{ст}} = 3 \cdot 10^{-3} / 40 = 0,075 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^{\circ} \text{ К/ Вт)}$$

$$R_4 = \delta_{\text{м}} / \lambda_{\text{м}} = 1,5 / 1,2 = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^{\circ} \text{ К/ Вт)}$$

$$R_5 = 1/ \lambda_{\text{к}} = 1/6000 = 1,66 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^{\circ} \text{ К/ Вт)}$$

7. Определяем коэффициент теплопередачи – K

$$K = 1/ R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

$$K = 1 / (1/3,3 * 10^{-4} + 2 * 10^{-3} + 0,075 * 10^{-3} + 1,25 * 10^{-3} + 1,66 * 10^{-4}) = 706 (\text{Вт} / \text{м}^2 \text{ } ^\circ \text{К}),$$

8. Определяем величину поверхности, через которую проходит тепловой поток

$$S = \Phi / K (t_{\text{зн2о}} - t_{\text{там}}) = 30000 / 262 * 60 = 1.9 \text{ м}^2$$

9. Определяем поверхностную плотность теплового потока

$$g = \Phi / S = 30000 / 1.9 = 15789 \text{ Дж} / \text{м}^2$$

10. Определяем температуры стенок.

$$t_{1 \text{ ст}} = t_{\text{зн2о}} - g R_1 = 30 - 15789 * 3,3 * 10^{-4} = 30 - 5.2 = 24.8 \text{ } ^\circ \text{С},$$

$$t_{2 \text{ ст}} = t_{1 \text{ ст}} - g R_2 = 24.8 - 15789 * 0.2 * 10^{-3} = 24.8 - 3.2 = 21.6 \text{ } ^\circ \text{С},$$

$$t_{3 \text{ ст}} = t_{2 \text{ ст}} - g R_3 = 21.6 - 15789 * 0.416 * 10^{-3} = 21.6 - 6.6 = 15 \text{ } ^\circ \text{С},$$

$$t_{4 \text{ ст}} = t_{3 \text{ ст}} - g R_4 = 15 - 15789 * 1.25 * 10^{-3} = 15 - 19.62 = -4.6 \text{ } ^\circ \text{С},$$

$$t_{5 \text{ ст}} = t_{4 \text{ ст}} - g R_5 = -4.6 - 15789 * 0.166 * 10^{-3} = -4.6 - 2.6 = -7.2 \text{ } ^\circ \text{С},$$

Практическое занятие № 15

Тема: Определение конечных температур теплоносителей в теплообменных аппаратах.

Цели работы:

1. Изучить классификацию теплообменных аппаратов
2. Научиться рассчитывать среднюю разность температур в теплообменных аппаратах.
3. Научиться эксплуатировать теплообменные аппараты

Оборудование:

1. Плакаты теплообменных аппаратов.
2. В.А. Кузовлев стр 305 – 315
3. Задача
4. МикроЭВМ

Содержание отчета:

1. Дать определение теплообменному аппарату.
2. Привести классификацию теплообменных аппаратов.
3. Записать формулу теплового баланса для теплообменных аппаратов.
4. Привести уравнение теплопередачи для теплообменных аппаратов.
5. Записать среднюю разность температур для прямотока и противотока в теплообменных аппаратах.
5. Задача.

В масляных холодильниках ДВС масло может двигаться как в противоток, так и в прямоток относительно охлаждающей воды. Температура масла на входе $t_{мвход} = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$, на выходе $t_{мвых} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура воды на входе $t_{водвход} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, на выходе $t_{водвых} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Найти среднюю разность температур для прямотока и противотока в теплообменных аппаратах.

Решение:

1. Вычерчиваем схему изменения температур для противотока в координатах $t - s$, Выбираем масштаб температур.

2. Находим перепады температур для обеих жидкостей

$$t_m = t_{мвход} - t_{мвых} = 65 - 55 = 10\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$$t_{вод} = t_{водвых} - t_{водвход} = 20 - 10 = 10\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Условные эквиваленты $W_1 = W_2$, при $t_m = t_{вод}$

$$t_{прот} = t_{мвход} - t_{водвых} = t_{мвых} - t_{водвход} = 65 - 20 = 55 - 10 = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$$

3. Вычерчиваем схему изменения температур для прямого тока в координатах $t - s$,
Выбираем масштаб температур.

4. При прямомотоке перепады температур при входе и выходе

$$T_{\text{прямот}} = 55 - 20/2,3 \lg 55/35 = 20 \cdot 0,46 = 43,47 = 43,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

5. Определяем среднелогарифмический перепад температур а потоке при прямомотоке

$$T_{\text{прямот}} = 55 - 20/2,3 \lg 55/35 = 20 \cdot 0,46 = 43,47 = 43,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} T_{\text{прямот}} &= t_{\text{мход}} - t_{\text{вдвход}} = t_{\text{мвых}} - t_{\text{вдвых}} \\ 65 - 10 &= 55 - 20 \\ 55 &= 35 \end{aligned}$$

6. Определяем погрешность в расчетах

$$K = 45 - 43,5 / 65 = 0,0230 * 100 = 2,3\% , \text{ что меньше } 5\%$$

Вывод расчеты проделаны правильно.

Контрольные вопросы:

1. Дать определение теплообменному аппарату.
2. Объяснить, какие теплообменные аппараты называются поверхностными?
3. Объяснить, какой вид теплообмена происходит в теплообменных аппаратах?
4. Расскажите, когда применяется средне логарифмическая разность температур?
5. . Объяснить, понятие условный эквивалент.

Практическое занятие № 16

Тема: Изучение физических свойства жидкости и приборов для их измерения

Цели работы:

1. Изучение физических свойств жидкости.
2. Изучение устройства и принципа действия приборов для определения физических свойств жидкости.

Оборудование:

1. Лаборатория «Капелька», устройство № 1.
2. Методичка по выполнению работы.

Описание устройства № 1. Устройство для изучения физических свойств жидкостей содержит 5 приборов выполненных в общем прозрачном корпусе (рисунок 1.1.), на котором указаны параметры для обработки опытных данных.

Приборы 3 – 5 начинают действовать при переворачивании устройства № 1. Термометр 1 показывает температуру окружающей среды и, следовательно. Температуру

жидкостей во всех устройствах.

Порядок выполнения работы:

1. Получить у преподавателя устройство №1.
2. Осмотреть приборы.
3. Убедиться в их- целостности
4. Разобраться с данными нанесенными на желтом фоне у приборов.

1.1. Определение коэффициента теплового расширения жидкости.

Термометр 1 имеет стеклянный баллон с капилляром, заполненный термометрической жидкостью и шкалу . принцип его действия основан на тепловом расширении жидкости .

Варьирование температуры окружающей среды приводит к соответствующему изменению объема термометрической жидкости и ее уровня в капилляре. Уровень указывает на шкале

значение температуры.

Коэффициент теплового расширения термометрической жидкости определяется в следующем порядке на основании мыслительного эксперимента. т.е предполагается. Что значений термометра и уровень жидкости в капилляре возрос на величину L .

1.1.1. Подсчитать общее число градусных делений T в шкале термометра и измерить расстояние между крайними штрихами шкалы.

1.1.2. Вычислить приращение объема термометрической жидкости

$$W = \pi \cdot r^2 \cdot L \text{ (см}^3 \text{)}$$

где r (см) радиус капилляра термометра

1.1.3. С учетом начального (при 0°C) объема термометрической жидкости W найти значение

Коэффициента теплового расширения

$$\beta_t = (W|W) | T \text{ и сравнить его со справочным значением (таблица$$

1.1.)

Жидкость	ρ , кг/м ³	$\beta_P \cdot 10^3$, МПа ⁻¹	$\beta_T \cdot 10^3$, °C ⁻¹	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	$\sigma \cdot 10^3$, Н/м
Вода прес- ная	998	0,49	0,15	1,01	73
Спирт эти- ловый	790	0,78	1,10	1,52	23
Масло:					
моторное М-10	900	0,60	0,64	800	25
индустриальное 20	900	0,72	0,73	110	25
трансформаторное	890	0,60	0,70	30	25
АМГ – 10	850	0,76	0,83	20	25

Р Значение используемых величин занести в таблицу 3 1.2.

Вид жидкости	r , см	W , см ³	ΔT , °C	l , см	ΔW , см ³	β_T , °C ⁻¹	β_{T^*} , °C ⁻¹
Спирт							

1.2.1. Измерение плотности жидкости ареометром

Ареометр 2 служит для определения плотности жидкости поплавковым методом .

Он представляет собой пустотелый цилиндр с миллиметровой шкалой и грузом в нижней части. Благодаря грузу ареометр плавает в исследуемой жидкости в вертикальном положении. Глубина погружения ареометра является мерой плотности и считывается со шкалы по верхнему краю мениска жидкости вокруг ареометра .

В обычных ареометрах шкала отградуирована по плотности жидкости.

В ходе работы выполнить следующие операции.

1. Измерить глубину погружения h ареометром по миллиметровой шкале на нем.
2. Вычислить плотность жидкости по формуле

$$\rho = 4m / (\pi d^2 h) \text{ (г/см}^3\text{)},$$

Где m и d масса и диаметр ареометра.

Эта формула получена путем приравнивания силы тяжести ареометра $G = m \cdot g$ и выталкивающей (архимедовой) силы $P = \rho g W$, где объем погруженной части ареометра

$$W = (\pi d^2 / 4) h \text{ (см}^3\text{)}$$

3. Сравнить опытное значение плотности ρ со справочным значением ρ^* (смотри таблицу 1.1.) Значения используемых величин занести в таблицу 1.3.

Таблица 1.3.

Вид жидкости	m , г	d , см	h , см	ρ , г/см ³	ρ^* , г/см ³
Вода					

1.3.3. Определение вязкости вискозиметром Стокса.

Вискозиметр Стокса достаточно прост, содержит цилиндрическую емкость. Заполненную

исследуемой жидкостью, и шарик. Прибор позволяет определить вязкость жидкости по времени падения шарика в ней следующим образом . .

1. Повернуть устройство № 1 в вертикальной плоскости на 180° и зафиксировать секундомером время t прохождения шариком расстояния L между двумя точками

в приборе 3. Шарик должен падать по оси емкости без соприкосновения с о стенками

Опыт выполнить три раза, а затем определить среднеарифметическое значение времени t .

2. Вычислить опытное значение кинематического коэффициента вязкости жидкости

$$V = g d^2 t (\rho_{ш}/\rho - 1) / \{ 18L + 43.2L (d/D) \}$$

Где $g = 9/8$ (м/сек²)- ускорение свободного падения;
 d и D – диаметры шарика и цилиндрической емкости;
 ρ и $\rho_{ш}$ – плотности жидкости и материала шарика.

3. Сравнить опытное значение коэффициента вязкости ν с табличным значением ν^*

(смотри таблицу 1. 1.)

Значение используемых величин свести в таблицу 1.4.

Вид жидкости	ρ , кг/м ³	τ , с	l , м	d , м	D , м	$\rho_{ш}$, кг/м ³	ν , м ² /с	ν^* , м ² /с
М – 10								

5. 1.3.4. Измерение вязкости капиллярным вискозиметром.

Капиллярный вискозиметр 4 включает емкость с капилляром. Вязкость определяется по времени истечения жидкости из емкости через капилляр.

1. Перевернуть устройство № 1 (смотри рис 1.1.) в вертикальной плоскости и определить

секудомером время t истечения через капилляр объема жидкости между метками

(высотой S) из емкости вискозиметра 4 и температуру T по термометру 1

2. Вычислить значение кинематического коэффициента вязкости

$V = M t$ (M – постоянная прибора) и сравнить его с табличным значением ν^* (смотри таблицу № 1.). Данные свести в таблицу № 1.5.

Таблица № 1.5.

Вид жидкости	M , м ² /м ²	τ , с	ν , м ² /с	T , °С	ν^* , м ² /с
М – 10					

1.3.5. Измерение поверхностного натяжения сталагмометром.

Сталагмометр 5 служит для определения поверхностного натяжения жидкости методом

отрыва капель и содержит емкость с капилляром , расширенным на конце для накопления жидкости в виде капли. Сила поверхностного натяжения в момент отрыва капли равна ее весу

(силе тяжести) и поэтому определяется по плотности жидкости и числу капель, полученных при опорожнении емкости с заданным объемом.

из объема высотой S между двумя метками. Опыт повторить три раза и вычислить среднее арифметическое значение числа капель n

1. Найти опытное значение коэффициента поверхностного натяжения

$\sigma = Kr/n$, где K – постоянная сталагмометра и сравнить его с табличным значением σ^*

(смотри таблицу 1.1.) Данные свести в таблицу 1.6.

Таблица 1. 6.

Вид жидкости	$K, \text{ м}^3/\text{с}^2$	$\rho, \text{ кг}/\text{м}^3$	n	$\sigma, \text{ Н}/\text{м}$	$\sigma^*, \text{ Н}/\text{м}$
М – 10					

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется жидкостью?
2. Как классифицируются жидкости?
3. Какие жидкости называются капельными?
4. Какими свойствами обладают капельные жидкости ?
5. Какими механизмами перекачиваются капельные жидкости?
6. Какими свойствами обладают газообразные жидкости ?
7. Что называется температурой жидкости?
8. Что на практике принято за шкалу Цельсия?
9. Чем отличается шкала Кельвина от шкалы Цельсия?
10. Что называется плотностью жидкости?
11. Какими приборами измеряется плотность жидкости ?
12. Какой принцип действия ареометра?
13. Что называется сжимаемостью жидкости?
14. Что понимается под тепловым расширением жидкости?
15. Что такое вязкость жидкости?
16. Какими коэффициентами оценивают вязкость жидкости?
17. Что понимается под коэффициентом кинематической вязкости?
18. Что собой представляет кинематический коэффициент вязкости?
19. В каких единицах измеряют коэффициент кинематической вязкости?
20. Чем отличается стокс от сантистокса?
21. Что называется поверхностным натяжением жидкости?

22. Какие принципы положены в основу принципа действия вискозиметров?
23. Как устроен вискозиметр Стокса?
24. Как устроен вискозиметр Енглера?
25. Как устроен простейший вискозиметр?
26. Что такое сталагмометр и что им измеряют?

Практическое занятие № 17

Тема: Изучение принципа действия и устройства гидростатических машин

Цели работы:

- 1 изучение классификации и принципа действия приборов для измерения давлений
2. Изучение устройства , принципа действия и области применения гидростатические машины

Оборудование:

1. Лаборатория Капелька
2. Манометры, мановакууметры, барометр.
3. Методичка

Ход выполнения работы:

1. Разобраться с видами давлений, в сосудах.
2. Записать основное уравнение гидростатики
3. Получить механические приборы для измерения давлений
4. На панели № 3 лаборатории Капелька разобраться с принципом действия гидравлических приборов и областью их применения.
5. Самостоятельно изучить принцип действия электронных приборов для измерения давлений.
6. Разобраться на каких законах гидравлики действуют гидростатические машины.

Содержание отчета:

1. Дать определение давлению
2. Вычертить шкалу давлений и указать на ней область применения приборов
3. Дать определение гидростатическому давлению и записать его формулу.
4. Вычертить схему механического прибора для измерения давления и нанести на ней название деталей.
5. На полученных приборах указать:
 - назначение прибора (манометр, вакуумметр, барометр, мановакууметр)
 - единицы измерения давления
 - диапазон измерения
 - класс точности прибора (контрольный, обычный)
 - наличие клейма о ежегодной проверке
 - наличие пломбы
 - наличие повреждений (разбито стекло, стрелка прибора не устанавливается на ноль, отсутствует пломба, дата последней проверки превышает год) Сделать

вывод о пригодности прибора в эксплуатации.

6. Вычертить схему гидрофора или пневмоцистерны
7. Объяснить назначение гидрофора в санитарных системах судов и его принцип действия.
7. Записать закон Паскаля, вычертить схему гидравлического пресса и объяснить его принцип действия.

Вопросы для самоконтроля

1. Дать определение давлению,
2. Объяснить виды давлений в сосудах,
3. Объяснить чем отличается барометр от манометра ?
4. Объяснить чем отличается манометр от вакуумметра ?
5. Объяснить чем отличается манометр от мановакуумметра?
6. Дайте определение гидростатическому давлению и запишите его формулу
7. Расскажите о преимуществах и недостатках гидравлических приборов для измерения давлений.
8. измерение давлений.
9. Объяснить, как устроен дифманометр и особенности его эксплуатации.
10. Рассказать о принципе действия электронных приборов для измерения давлений.
11. Покажите на приборе диапазон измерения давления.
12. Объясните, как по шкале прибора определить класс точности прибора и его назначение
13. назначение
14. Осмотрите прибор и определите его пригодность к эксплуатации.
15. Расскажите о назначении гидрофора на судах.
16. Объясните, какие жидкости применяются в гидрофорах и какими свойствами они обладают?
17. они обладают?
18. Расскажите за какими параметрами необходимо следить при эксплуатации
19. гидрофора?

Практическое занятие № 18

Тема: Гидравлический расчет простого трубопровода, подбор насоса

Цели занятия:

1. Научиться рассчитывать путьевые и местные сопротивления трубопроводов.
2. Отработка методики расчета не разветвленного трубопровода на гидравлические
3. сопротивления при установившемся движении жидкости.
4. Научиться строить характеристику трубопровода.
5. Подбирать насос для данного трубопровода.

Оборудование:

1. Чертеж трубопровода.
2. Исходные данные для расчета трубопровода.
3. Плакаты.
4. Справочники.
5. Б.Е.Богомольный: «Судовые вспомогательные и рыбопромысловые механизмы»

Задача: рассчитать трубопровод для подачи пресной воды в гидрофор со-

гласно прилагаемой схеме и данным расчета согласно номера варианта.

Таблица № 1

Данные для расчета трубопровода:

Варианты	1	2	3	4	5	6	7
Q (м ³ /ч)	2,5	2,7	3	5	6	7	8
Дтр (мм)	25	30	35	40	45	50	60
Материал трубопровода	Сталь ш=1,2 мм	Медь ш=0,01 мм	Металлопластик ш=0,012 мм	Чугун ш=1,3 мм	Чугун с коррозией ш=2 мм	Сталь с коррозией отложениями ш=2,5 мм	Чугун с коррозией отложениями ш=4,5 мм
L1(м)	100	50	70	120	140	130	150
L2 (м)	5	10	12	15	7	10	12
L3 (м)	50	70	80	50	40	80	30
L4 (м)	40	50	60	70	80	90	10 0
L5 (м)	20	30	40	50	60	70	30
Y1 о	20	30	40	50	60	50	30
Y2 о	60	50	60	40	30	45	60
Pг\ф (МПа)	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50

Решение

С точки зрения гидродинамики трубопровод – это совокупность потерь напора на местные сопротивления Нм и потерь напора на путьевые сопротивления Нп.

Для подбора насоса, создающего соответствующий напор, необходимо суммировать:

1.напор, потребляемый в трубопроводе на преодоление гидравлических сопротивлений

$$H_g = H_m + H_p \text{ (м.в.с)}$$

2. напореобходимый для работы судовых потребителей, например –гидрофора.

$$(P_g = 0.3 \text{ МПа} = 30 \text{ м.в.с.})$$

3.Напор, развиваемый насосом, необходимый для работы трубопровода и потребителей

$$H_n = H_m + H_p + H_g + H_{под} \text{ (м. вод ст.)}$$

Напор, потребляемый в трубопроводе, определяется расчетом на преодоление в нем гидравлических сопротивлений и связанной с этим потерей давления.

Различаются два вида трубопроводов: простые и сложные.

Простой трубопровод – постоянного диаметра и без разветвлений, с установившемся движением жидкости.

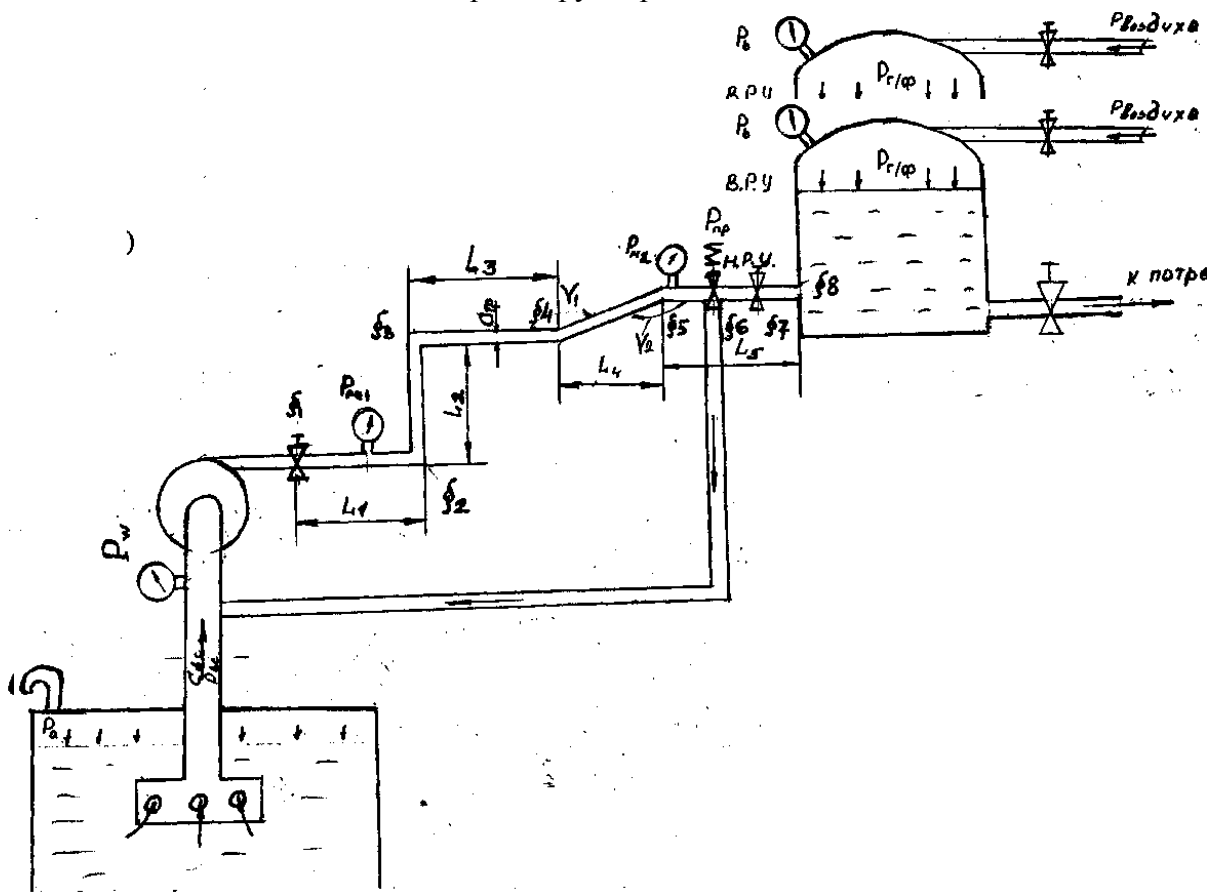
Сложный трубопровод может включать трубы разного диаметра с параллельным или последовательным соединением.

Эти трубопроводы можно разделить на короткие и длинные. У коротких трубопроводов преобладают потери на местные потери, а у длинных потери по длине трубопровода.

Исходными данными для расчета трубопровода являются:

1. Чертеж трубопровода.
2. Материал трубопровода. Таблица № 1
3. Внутренний диаметр трубопровода
4. Длины прямых участков трубопровода берутся из таблицы №1, согласно варианта.
5. Производительность трубопровода Q (м³/ч)
6. Напор, необходимый для работы потребителя $H_{п}$ (м.в.с.) = $H_{г\phi}$, согласно варианта.

Чертеж трубопровода.



1. Так как, мы имеем трубопровод постоянного диаметра по длине с установившемся равномерным движением потока, то средняя скорость потока в любом сечении трубопровода постоянна, тогда из уравнения неразрывности, сплошности потока определяем

среднюю скорость потока жидкости

$$c = Q / F_{ж} = 4Q / \pi d^2 \text{ (м \ сек)}$$

2. Определяем режим движения жидкости в трубопроводе, используя критерий Рейнольдса

$$Re = cd \cdot V \leq 2300 \quad - \text{ ламинарный режим движения жидкости } m = 1$$

$$Re = cd \cdot V > 2300 \quad - \text{ турбулентный режим движения жидкости } m = 2$$

V – кинематическая вязкость воды, зависит от температуры, принимаем ее при нормальных физических условиях $t = 20^{\circ}\text{C}$

V (см ² \ сек)	0,0175	0,0131	0,0101
T ° C	0	10	20

Установив режим движения жидкости, используем методики для расчета потерь в трубопроводе при ламинарном или турбулентном режиме.

3. При ламинарном течении жидкости в трубопроводе, потери по длине трубопровода

определяем по формуле

$$H_p = 64 \cdot Re \cdot (L_{рас} \cdot d_{тр}) \cdot (c^2 \cdot 2q) \cdot (\text{м. вод. ст.})$$

4. Суммарные потери в трубопроводе на преодоление гидравлических сопротивлений

при ламинарном режиме определяем по формуле

$$H_{г} = [(64 \cdot Re) \cdot (L_{рас} \cdot d_{тр}) + S_m] \cdot (C^2 \cdot 2q) \cdot (\text{м. вод. ст.})$$

5. Напор, развиваемый насосом, необходимый для работы трубопровода и потребителей в ламинарном режиме

$$H_n = H_{г} + H_p + H_{под тр} \cdot (\text{м. вод. ст.})$$

6. При турбулентном режиме движения жидкости потери по длине трубопровода определяются по формуле

$$H_p = (j \cdot L_{рас} \cdot d_{тр}) \cdot (c^2 \cdot 2g) \cdot (\text{м. вод. ст.})$$

Величина j в области гидравлически гладких труб зависит от режима потока и

определяется в зависимости от числа Рейнольдса, в переходной области j зависит

от числа Рейнольдса и шероховатости стенок, в области шероховатых стенок j

определяется только шероховатостью стенок и не зависит от числа Рейнольдса.

Для оценки шероховатости труб принимают относительную шероховатость $\frac{\Delta}{d_{тр}}$

т.е. отношение абсолютной шероховатости – Δ к диаметру трубы $d_{тр}$.

Значение Δ зависит от материала и способа изготовления трубы, шовные и безшовные – цельнотянутые трубы, допускаемые Морским Регистром судоходства для установки на суда, продолжительности ее эксплуатации и способности жидкости корродировать трубу и выделять осадки.

Коэффициент сопротивления трению для шероховатых труб можно рассчитать по

Формуле Шифрийдзона:

$$J = 0,11 \cdot (\frac{\Delta}{d_{тр}})^{0,25}$$

$L_{рас}$ (м) суммарная длина прямых участков трубопровода выбирается из

таблицы №1 в зависимости о варианта.

$d_{тр}$ (м) - внутренний диаметр трубопровода

c (м\сек) средняя скорость движения жидкости

$g = 9,8 \text{ (м\сек}^2 \text{)}$ величина земного ускорения.

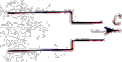


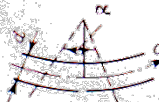
7. Потери напора на преодоление местных гидравлических сопротивлений

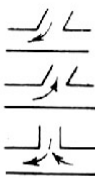
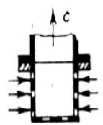
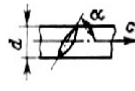
$$H_m = (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4 + \xi_5 + \xi_6 + \dots + \xi_n) c^2 / 2g \text{ м.в. ст.}$$

$$S_m = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4 + \xi_5 + \xi_6 + \dots + \xi_n$$

Где $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4, \dots$ значения коэффициентов некоторых видов местных гидравлических сопротивлений выбираются из таблицы № 2

Таблица 2
Значения коэффициентов местных сопротивлений

Местные сопротивления	Эскиз	Коэффициенты сопротивления	Формулы
Вход в трубу		$\xi = 0,5$	$\Delta p = \xi_1 \frac{\rho c^2}{2g}$
Внезапное расширение		$\xi_2 = k \left(\frac{D}{d} - 1 \right)^2$ $k = 1,025 + 0,0025 \frac{D}{d} - 0,78d$	$\Delta p = \xi_2 \frac{\rho c_2^2}{2g}$
Резкий поворот трубы		α° 20 30 40 50 60 ξ_3 0,03 0,07 0,14 0,23 0,36	$\Delta p = \xi_3 \frac{\rho c_2^2}{2g}$
Колена труб		d/r 0,1 0,2 0,4 0,6 0,8 ξ_4 0,13 0,13 0,14 0,16 0,20	$\xi_4^1 = 0,13 + 0,16 \left(\frac{d}{r} \right)^{3,5}$ $\xi_4 = \frac{\alpha^\circ}{90} \xi_4^1$

Местные сопротивления	Эскиз	Коэффициенты сопротивления	Формулы
Ответвления		$\xi_5 = 0,5$ $\xi_6 = 1,0$ $\xi_8 = 1,5$	$\Delta p = \xi_5 \frac{\rho c^2}{2g}$
Приемные сетки (фильтры)		$\xi_4 = 0,3 + 0,7$	$\Delta p = \xi_6 \frac{\rho c^2}{2g}$
Дроссельный клапан		α° 5 10 15 20 ξ_7 0,24 0,52 0,90 1,54 α° 25 30 35 40 ξ_7 2,51 3,91 6,22 10,8	$\Delta p = \xi_7 \frac{\rho c^2}{2g}$

Местные сопротивления	Эскиз	Коэффициенты сопротивления	Формулы
Ответвления		$\zeta_6 = 0,5$ $\zeta_6 = 1,0$ $\zeta_6 = 1,5$	$\Delta p = \zeta_6 \frac{\rho c^2}{2g}$
Приемные сетки (фильтры)		$\zeta_6 = 0,3 + 0,7$	$\Delta p = \zeta_6 \frac{\rho c^2}{2g}$
Дроссельный клапан		α° 5 10 15 20 ζ_7 0,24 0,52 0,90 1,54 α° 25 30 35 40 ζ_7 2,51 3,91 6,22 10,8	$\Delta p = \zeta_7 \frac{\rho c^2}{2g}$

Продолжение

Местные сопротивления	Эскиз	Коэффициенты сопротивления	Формулы
Тарельчатый клапан		$\zeta_8 = a + k \left(\frac{D}{\eta} \right)^2$ $a = 0,55 + \frac{4(b-0,10)}{D}$ $k = 0,15 - 0,16$ b — ширина седла клапана	$\Delta p = \zeta_8 \frac{\rho c^2}{2g}$
Тарельчатый клапан с нижней направляющей		$\zeta_9 = a' + k' \left[\frac{D}{(\pi D - b) \eta} \right]^2$ $a' = (0,8 + 1,6) a$ $k' = (1,7 + 1,75) k$	$\Delta p = \zeta_9 \frac{\rho c^2}{2g}$
Конический клапан		$\zeta_{10} = 2,6 - 0,8 \frac{D}{\eta} +$ $+ 0,14 \left(\frac{D}{\eta} \right)^2$	$\Delta p = \zeta_{10} \frac{\rho c^2}{2g}$
Проходной клапан		d_{\max} 50 100 200 300 400 ζ_{11} 5 5,4 6,2 7 7,7	$\Delta p = \zeta_{11} \frac{\rho c^2}{2g}$

4. Рассчитываем напор насоса, необходимый для работы трубопровода

$$H_n = H_g + H_m + H_g + H_{\text{под тр}} \text{ (м. в. ст.)}$$

$H_{\text{под тр}}$ — высота подъема трубопровода выбирается по чертежу трубопровода. (м. в. ст)

8. По величине H_n и Q из каталогов на насосы выбираем необходимый насос и записываем его параметры.

$$H_n = \quad (\text{м.в. ст.})$$

$$Q = \quad (\text{м}^3/\text{ч})$$

9. Напор, теряемый на преодоление гидравлических сопротивлений в трубопроводе, можно выразить через степенную функцию расхода жидкости

$$H_n = K Q^m \quad (\text{м.в. ст.}) \quad m = 1 \text{ Лам. режим} \quad m = 2 \text{ Тур. режим.}$$

режим.

10. Определяем Коэффициент сопротивления трубопровода $K = H_n \setminus Q^m$

11. Характеристикой трубопровода называется графическая зависимость между

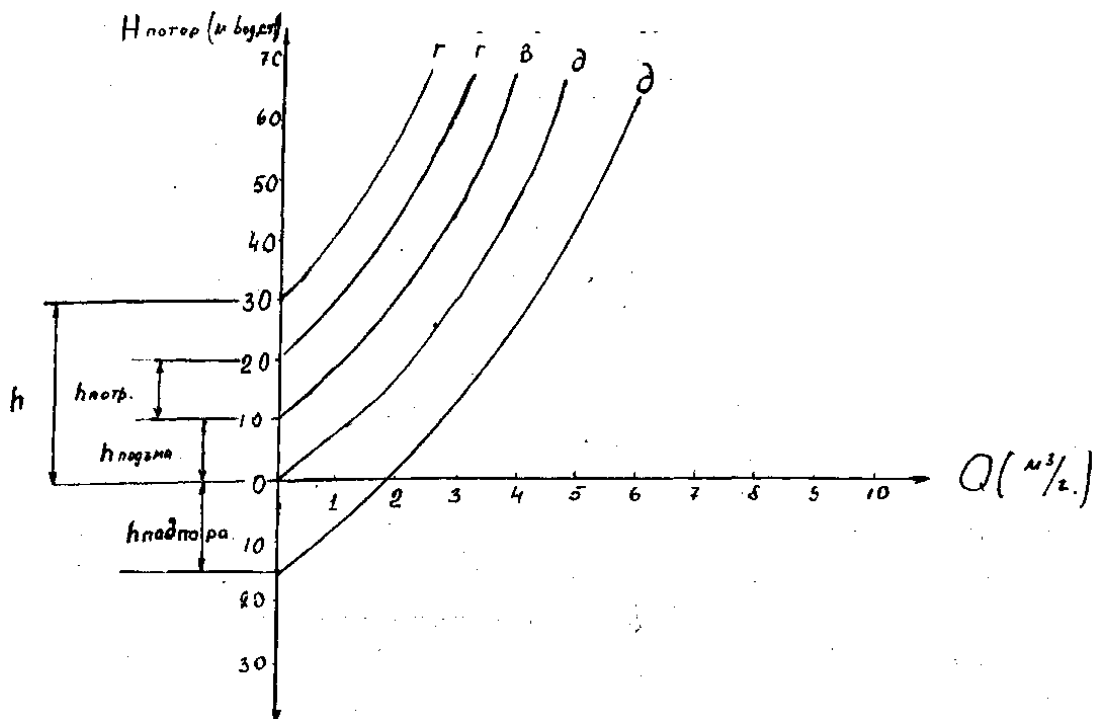
потерянным напором в трубопроводе и его производительностью.

Для ламинарного режима - это линейная зависимость $H_n = K (Q)^m$ (м.в. ст.)

Для турбулентного режима - это квадратичная зависимость $H_n = K (Q)^m$ (м. в.ст.)

- Трубопроводы бывают:
- а. горизонтальные, работающие на слив
 - б. горизонтальные, работающие на потребитель
 - в. трубопроводы, работающие на подъем
 - г. трубопроводы. Работающие на подъем жидкости и потребитель.
 - д. трубопроводы, работающие с подпором.

Характеристики трубопроводов.



Из рисунка видно, что характеристика трубопровода складывается из

статической

и динамической характеристик . Статическая характеристика есть вели-

чина посто

янная для данного трубопровода и складывается из высоты подъема жид-

кости и

энергии работы потребителя – $H_{под} + H_{потр}$ - горизонтальная прямая .

Динамическая характеристика зависит от величины квадрата скорости

движения

жидкости или расхода жидкости.

$$H_n = H_{под} + H_{потр} + \left(\sum L_{рас} / d_{тр} + S_m \right) c^2 / 2g \text{ (м. вод. ст.)}$$

$$H_n = H_{под} + H_{потр} + \left(\sum L_{рас} / d_{тр} + S_m \right) 16Q^2 \setminus 2g \pi^2 d^4 \text{ (м. вод. ст.)}$$

ст.)

Для построения динамической характеристики трубопровода

пользуемся уравнением

$$H_{д\ пот} = KQ^m \text{ (м. вод. ст.) } m = 1 \text{ Лам. режим } m = 2 \text{ Тур., режим}$$

10. Определяем коэффициент сопротивления трубопровода $K = H_n \setminus Q^m$

11. Характеристикой трубопровода называется графическая зависимость между

потерянным напором в трубопроводе и его производительностью.

Для ламинарного режима - это линейная зависимость $H_n = K (Q)^m$ (м.в.

ст.)

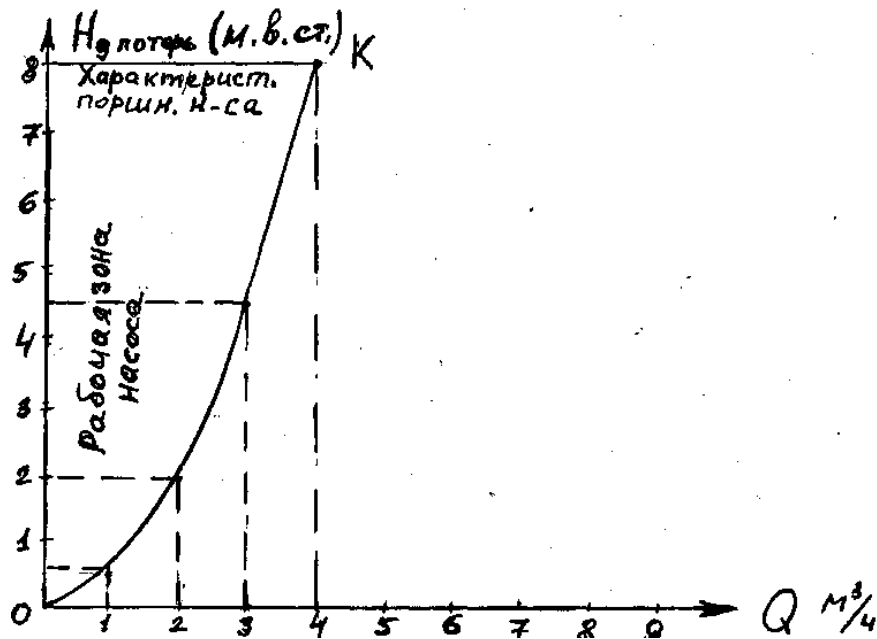
Для турбулентного режима - это квадратичная зависимость $H_n = K (Q)^m$ (

м. в.ст.)

Например: $K = 0.5$ $m = 2$ величины известны, задаемся Q от 0 до $4\text{ м}^3\setminus\text{час}$ и рассчитываем $H_{д\ пот}$ и результаты вносим в таблицу.

$Q \text{ (м}^3\setminus\text{час)}$	0	1	2	3	4
$H_{д\ пот}$	0	0.5	2	4.5	8

По данным таблицы строим график – характеристику трубопровода, выбирая масштаб.



На характеристику трубопровода накладываем характеристику насоса и определяем рабочую зону насоса

Вывод: для работы трубопровода необходим насос марки ЭПН 8\4 его основные параметры $Q = 4 \text{ м}^3/\text{час}$, $H_n = 8 \text{ (м. вод ст.)}$,

Практическая работа № 20

Тема: Изучение конструкции и правил эксплуатации поршневых и аксиально и радиально плунжерных насосов.

Цели работы:

1. Изучить устройство, принцип действия и область применения поршневых насосов.

2. Показать устройство, принцип действия и область применения и аксиально и радиально плунжерных насосов.

1.

Оборудование :

1. Насосная установка с поршневым насосом.
2. Насосная установка с аксиально - плунжерным насосом.
3. Радиально – плунжерный насос.
4. Штангенциркуль – 2 шт
5. Металлическая линейка – 2шт
6. МикроЭВМ

Теоретическое обоснование:

Насосами называются механизмы, предназначенные для перемещения капельных жидкостей. Любой насос выполняет две функции: функцию всасывания и функцию нагнетания.

Насос состоит из корпуса, на котором располагаются всасывающий и нагнетательный трубопровод, внутри корпуса располагаются рабочие органы, которые преобразуют механическую энергию в энергию потока жидкости. Основными параметрами насоса являются:

1. Производительность Q – количество жидкости, перемещаемое насосом в единицу времени ($M^3/ч$, л/с)

2. Напор – энергия, затраченная на всасывание и нагнетание жидкости

$$H = p_{вс}/\gamma + p_{hf}| \gamma \text{ (мю вод ст)}$$

4. Коэффициент полезного действия насоса

$$\mathcal{Z}_n = \mathcal{Z}_v * \mathcal{Z}_m * \mathcal{Z}_\Gamma < 1$$

\mathcal{Z}_v – объемный кпд, учитывающий утечки жидкости через неплотности

\mathcal{Z}_m – механический кпд учитывает потери в подвижных деталях насоса

\mathcal{Z}_Γ – гидравлический кпд учитывает потери, связанные с изменением направления движения жидкости в самом насосе.

5. Потребляемая мощность насосом

$$N = Q H \gamma / 102 \mathcal{Z}_n \text{ (кВт)}$$

Насосы объемного действия перемещают жидкость отдельными порциями или объемами.

К ним относятся: поршневые, шестеренчатые, винтовые, роторно – пластинчатые насосы, аксиально и радиально – плунжерные насосы.

Поршневые насосы.

Поршневой насос состоит из корпуса, на котором расположены всасывающий и нагнетательные трубопроводы, внутри корпуса располагается цилиндр, в котором поршень совершает возвратно – поступательные движения, двигаясь от верхней мертвой точки к нижней поршень производит процесс всасывания, всасывающий клапан открыт, жидкость заполняет полость цилиндра,

При движении поршня от нижней мертвой к верхней, всасывающий клапан закрывается, а нагнетательный открывается и жидкость выталкивается в нагнетательный трубопровод и процессы повторяются.

Условием нормальной работы является равенство скоростей движения поршня и скорости движения жидкости $C_n = C_{ж}$, если это условие не соблюдается, то в цилиндре происходят гидроудары, поэтому поршневые насосы тихоходны, обладают небольшой производительностью. Производительность

зависит от диаметра поршня, хода поршня, кратности действия, числа двойных ходов, с их увеличением растут весогабаритные показатели.

Обладают:

1. неравномерной подачей жидкости, которая устраняется увеличением кратности действия насоса.
2. способностью сухого всасывания – способностью создавать разрежение во всасываемом трубопроводе и поднимать жидкость на высоту.
3. у поршневых насосов давление не зависит от производительности.
4. поршневые насосы перекачивают все виды чистых жидкостей.

Содержание отчета:

1. На насосной установке поршневого насоса разобраться с устройством, принципом действия и снять с нее конструктивные размеры, определить действительную производительность
2. Вычертить схему насосной установки и нанести на нее конструктивные размеры, путь движения жидкости в насосе
3. Определить основные параметры поршневого насоса
4. Построить график подач и определить степень неравномерности подачи.
5. Вычертить схему аксиально - плунжерным насосом, указать на ней путь масла через насос, диаметр плунжера, ход плунжера, количество плунжерных пар, построить график подач.
6. Указать область применения на практике. аксиально - плунжерных насосов.
7. Объяснить подготовку и пуск поршневого насоса в действие.

Вывод:

Разбирая по моделям устройство и принцип действия поршневых, аксиально и радиально плунжерных насосов, изучил их конструкцию и особенности эксплуатации.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить, почему у поршневых насосов имеются клапана?
2. Рассказать, как на насосной установке определить высоту всасывания?
3. Объяснить способы устранения неравномерной подачи в поршневых насосах.
4. Рассказать, чем отличается аксиально - плунжерный насос переменной производительности от аксиально – плунжерного насоса постоянной производительности?

5. Указать область применения на практике. аксиально - плунжерных насосов.
6. Объяснить, что такое эксцентриситет в радиально – плунжерных насосах?
7. Показать на модели радиально – плунжерного насоса как подводится и отводится масло.

Практическая работа № 21

Тема: Определение параметров ротационных насосов по конструктивным данным снятым с натуры.

Цели работы:

1. Закрепить теоретические знания по теме «Ротационные насосы».
2. Приобрести практические навыки в расчете и определении основных параметров шестеренчатых и винтовых насосов.

Оборудование:

1. Модели шестеренчатых насосов – 3 шт
2. Модели винтовых насосов – 3 шт
3. Роторно- пластинчатый насос -1шт
4. Плакаты
5. Измерительный инструмент
6. МикроЭВМ

Ротационные насосы.

К ротационным насосам относятся : шестеренчатые, винтовые роторно – пластинчатые насосы. Эти насосы перекачивают чистые вязкие жидкости, которые смазывают, охлаждают рабочие органы и отводят от них абразивные частицы, обладают небольшими весогабаритными показателями, соединяются с быстроходными двигателями, располагаются ниже уровня перекачиваемой жидкости, работоспособность их зависит от величины осевого и радиальных зазоров, которые должны лежать в пределах 0,03 – 0,05 (мм).

Содержание отчета:

1. На модели шестеренчатого насоса разобраться, где всасывающий, где нагнетательный клапан, куда вращается приводная шестерня.
2. Вычертить эскиз шестерни и нанести на нее снятые размеры.

3. Подсчитать производительность и мощность шестеренчатого насоса при $n =$

$$P_H = 3.00 \text{ МПа}$$
4. На модели трех вального винтового насоса замерить диаметры винтов и разобраться со способом устранения осевого усилия.
5. Вычертить схему трех вального винтового насоса и нанести на нее путь жидкости и способ устранения осевого усилия.
6. Указать, как меняются производительность и напор винтовых насосов с увеличением длины и числа винтов
7. Вычертить схему роторно- пластинчатого насоса и показать на ней, как работает лопатка и как она устраняется от перекашивания.
8. Указать, как меняются производительность и напор у роторно – пластинчатых насосов с увеличением числа лопаток и рабочих полостей.
9. Указать область применения на практике.

Вывод:

Разбирая по моделям устройство и принцип действия ротационных насосов, изучил их конструкцию и особенности эксплуатации.

Контрольные вопросы:

1. Назвать виды ротационных насосов.
2. Показать на модели шестеренчатого насоса, где происходит явление замкнутых объемов?
3. Перечислить способы устранения замкнутых объемов в шестеренчатых насосах.
4. Объяснить, как увеличением длины винтов изменяются параметры винтовых насосов и увеличением количества винтов.
5. Объяснить, какие функции выполняет рабочая лопатка в роторно- пластинчатых насосах?
6. Объяснить, почему ротационные насосы всегда располагаются ниже уровня перекачиваемой жидкости?
7. Рассказать, как подготовить к пуску винтовой насос?
8. Объяснить, в чем заключается контроль во время работы ротационных насосов?
9. Объяснить, почему ротационные насосы всегда располагаются ниже уровня перекачиваемой жидкости?
10. Рассказать, как подготовить к пуску винтовой насос?
11. Объяснить, в чем заключается контроль во время работы ротационных насосов?

Практическая работа № 22

Тема: Изучение конструкции и видов соединения рабочих колес лопастных насосов.

Цели работы: 1. Изучить устройство и принцип действия. область применения лопастных насосов и особенности их эксплуатации:

1.1 центробежного

1.2 вихревого

1.3 водокольцевого.

Оборудование: Центробежные насосы - 2 шт.

Вихревой – 2 шт

Плакаты - 4 шт

Штангенциркуль – 2 шт

Металлическая линейка – 2шт

МикроЭВМ

Конспект.

Теоретическое обоснование.

К группе лопастных насосов относятся центробежные, вихревые и водокольцевые насосы. В основе их принципа действия лежит центробежная сила, которая направлена от центра к периферии зависит от квадрата числа оборотов рабочего колеса и его диаметра.

Центробежные насосы применяются для перекачивания не вязких жидкостей, могут перекачивать пульпы – смеси воды с песком, с рыбой и другие, обладают равномерной подачей жидкости, но не обладают способностью сухого всасывания, перед пуском их необходимо заполнять жидкостью.

Колеса центробежных насосов могут соединяться последовательно, тогда производительность насоса остается постоянной, а напор увеличивается в два раза. При параллельном соединении колес напор остается постоянным, а производительность возрастает в два раза.

Пуск центробежных насосов производится при заполнении всасывающего трубопровода и рабочей полости насоса перекачиваемой жидкостью или насос располагается ниже уровня жидкости при закрытом нагнетательном клапане, насос развивает марочное давление и тогда медленно открывают нагнетательный клапан, давление уменьшается, а производительность увеличивается.

Содержание отчета.

1. На центробежном насосе с последовательном соединении колес разобрать с устройством, принципом действия насоса и снять с него конструктивные размеры.
2. Вычертить схему насоса и нанести на нее конструктивные размеры, путь движения жидкости в насосе, способ устранения осевого усилия.
3. На центробежном насосе ЭПЖН -16 разобрать с путем жидкости при последовательном и параллельном соединении колес, указать цели соединения колес.
4. Вычертить схему насоса и нанести на нее конструктивные размеры, пути движения жидкости в насосе при последовательном и параллельном колес.
5. Объяснить подготовку и пуск центробежного насоса в действие.
6. Указать область применения на практике.
7. Нарисовать схему вихревого насоса и указать путь жидкости через насос, число лопаток и вид их соединения, область применения.

Вывод: в процессе выполнения и оформления работы я изучил устройство и область применения лопастных насосов, особенности их пуска и эксплуатации.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить, почему центробежные насосы имеют осевой подвод жидкости и радиальный отвод?
2. Рассказать, как на насосе определить, где всасывающий и нагнетательный патрубок?
3. Объяснить, какую роль выполняет улиточный аппарат в центробежном насосе?
4. Объяснить причину возникновения осевого усилия в центробежном насосе.
5. Рассказать, почему колеса лопастных насосов делаются из латуни?
6. Рассказать, как запускаются лопастные насосы?
7. Объяснить, почему центробежные насосы при попадании воздуха срывают свою работу?
8. Рассказать о цели соединения колес лопастных последовательно и параллельно.

Практическая работа № 23

Тема: Изучение конструкции и правил эксплуатации струйных насосов.

Цель работы: Изучить устройство, принцип действия и область при-

менения струйных насосов, особенности их эксплуатации.

Оборудование:

1. Эжектор – 2 шт
2. Инжектор – 1шт
3. Плакаты –Эрлифты – 2 шт
4. Штангенциркуль – 2 шт
5. Металлическая линейка – 2шт
6. МикроЭВМ
7. Конспект.

Теоретическое обоснование

Для изучения струйных насосов необходимо знать процессы, протекающие в соплах и диффузорах. Процессы истечения жидкости в соплах и диффузорах происходят при условиях:

1. Непрерывный подвод и отвод рабочей жидкости от сопла или диффузора.

2.Наличие перепада давлений, давление на входе должно быть больше давления на выходе.

В струйных насосах применяются суживающие сопла, в которых потенциальная энергия давления преобразуется в кинетическую энергию, давление падает, а скорость потока возрастает.

Диффузор имеет расширяющую форму и преобразует кинетическую энергию в потенциальную, скорость потока падает, при увеличении сечения, а давление возрастает.

Особенностью конструкции струйных насосов является то, что кроме всасывающего и нагнетательного патрубков имеется патрубок для подвода рабочей жидкости. Производительность эжектора регулируется путем перемещения сопла относительно смесительной камеры. Для обеспечения нормальной работы струйных насосов необходимо, чтобы сопло, смесительная камера и диффузор располагались на одной оси. Через каждые полгода эксплуатации проверяется диаметр сопла и расположение сопла, смесительной камеры и диффузора на одной оси.

К преимуществам струйных насосов относится:

1. Простота конструкции и обслуживания
2. Отсутствие подвижных деталей,
3. Способность создавать вакуум.
4. Способность перекачивать грязные жидкости.

Недостатки:

1. Большой расход рабочей жидкости, для перекачки 1 кг жидкости требуется 6 – 9 кг рабочей жидкости.
2. Низкий КПД = 5 – 7 %

Эрлифты – струйные насосы, принцип действия которых основан на создании разницы удельных весов водовоздушной смеси с удельным весом меньше, чем у воды, она поднимается вверх и увлекает поток воды через всасывающее отверстие.

При непрерывном подводе сжатого воздуха к форсунке образуется водовоздушная смесь.

Эрлифт состоит из всасывающего трубопровода – резиновый шланг, армированный внутри стальной проволокой диаметром 200 мм, форсунки – труба с отверстиями диаметром 5 – 6 мм, через которые проходит воздух, подаваемый от компрессора, через редукционный клапан по шлангу. Редукционным клапаном регулируется давление и количество подаваемого воздуха, в зависимости от глубины подъема смесей.

Преимущества:

1. Прост по конструкции
2. Нет подвижных деталей
3. Не пожаро и взрыво опасен.
4. Доступная рабочая среда – воздух
5. Прост в эксплуатации.

Недостатки:

1. Большой расход воздуха – 6 - 9 кг воздуха для подъема 1 кг воды.
2. Способен работать на глубинах до 100 м, так как возрастает сопротивление шланга и не хватает подъемной силы воздушных пузырьков.

Содержание отчета.

1. На эжекторе № 1 разобраться с устройством, найти сопло, смесительную камеру, диффузор, снять с них конструктивные размеры.
2. Вычертить схему эжектора и нанести на нее конструктивные размеры, путь движения жидкости в насосе, построить графики изменения давлений и скоростей в сопле и диффузоре.
3. На эжекторе № 2 разобраться, как регулируется производительность и указать в отчете.

4. Объяснить подготовку и пуск эжектора в действие.
5. Указать область применения на практике.
6. Вычертить схему эрлифта, указать детали и условия нормальной работы.

Вывод: в процессе выполнения и оформления работы я изучил устройство и область применения струйных насосов, особенности их конструкции, пуска и эксплуатации.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить, что называется соплом?
2. Рассказать, какие условия необходимы для истечения рабочего тела из сопла?
3. Объяснить устройство диффузора и процессы, протекающие в нем.
4. Рассказать, как регулируется производительность в эжекторах?
5. Объяснить устройство и принцип действия эрлифта.
6. Рассказать об области применения эжекторов.

Практическая работа № 24

Тема: Подбор и анализ конструкции вентиляторов.

Цели занятия:

Изучить:

1. конструкции судовых вентиляторов
2. выбор основных параметров вентиляторов
3. методики подбора вентиляторов
4. правила эксплуатации вентиляторов.

Оборудование:

1. Плакаты вентиляторы
2. Каталог центробежных вентиляторов завода Тепломаш
3. И. А. Чиняев Судовые вспомогательные механизмы
4. В.М.Харин и другие Судовые вспомогательные механизмы и системы

Теоретическое обоснование

Вентиляторы судовые

Назначение

Вентиляторы предназначены для перемещения воздуха в системах вентиляции, кондиционирования, воздушного отопления и подачи воздуха в

котлы кораблей и плавсредств с повышенными требованиями к виброшумовым характеристикам, надежности, балансировке и сроку службы вентиляторов, а также жилых, служебных и производственных помещений судов всех типов и классов и назначений неограниченного района плавания, промышленных предприятий, лабораторий, спецобъектов, для охлаждения аккумуляторных батарей, электронной аппаратуры.

Конструкция

Вентиляторы изготавливаются правого и левого исполнения. Правое исполнение в марке обозначено буквой "П", левое - буквой "Л" Могут комплектоваться электродвигателями на напряжение 220 В и 380 В. Вентиляторы изготавливаются из алюминиевых сплавов.

Условия эксплуатации

В зависимости от исполнения, вентиляторы могут использоваться как для перемещения воздуха, не содержащего взрывоопасных и агрессивных примесей, воздуха с парами аммиака в объемной доле до 15% или воздуха с одновременным содержанием паров серной кислоты и водорода с объемной долей, не превышающей 3%, так и воздуха, содержащего пары бензина или керосина. Вентиляторы обеспечивают устойчивую и надежную работу в течение 4 часов при температуре не ниже 16⁰С, а также при температуре окружающего и перемещаемого воздуха от -40⁰С до +50⁰С и относительной влажностью до 98% при температуре плюс 35⁰С. Возможна работа вентиляторов при пониженных, повышенных температурах, повышенном давлении, влажности.

Вентиляторы надежно работают при следующих значениях качки и наклонов:

- до 15⁰ без ограничения времени;
- до 45⁰ в течение 3 минут;
- до 30⁰ в течение 3 часов;
- с амплитудой $\pm 45^0$ периодом 7-9 сек.

Вентиляторы надежно работают при следующих значениях качки и наклонов:

- до 15⁰ без ограничения времени;

В зависимости от состава перемещаемой среды и условий эксплуатации вентиляторы подразделяются на:

Обычные вентиляторы для воздуха и газов с t до 80 °C

Коррозионные вентиляторы для коррозионных сред

Термостойкие в – ры с t до 200 °C

Взрывобезопасные в – ры для взрывоопасных сред

Пылевые в – ры для запыленного воздуха (содержание твердых примесей $> 100\text{мг/м}^3$)

Дымоудаления для удаления дымовоздушных смесей t до 400 °C и до 600 °C при пожаре.

По принципу действия подразделяются на :

Центробежные (радиальные)

Осевые

При выборе в – ра необходимо учитывать:

Q ($\text{м}^3/\text{ч}$)

P необходимый перепад давлений

Допустимые габаритные размеры вентилятора

Шумовые характеристики

КПД вентилятора

Акустические характеристики вентилятора – шум – волны сжатия, распространяющиеся в воздухе

По направлению вращения рабочего колеса :

Правого – по часовой стрелке

Левого – против часовой стрелки

Для определения вращения рабочего колеса центробежного вентилятора, необходимо посмотреть на вентилятор со стороны всасывания, если рабочее колесо вращается по часовой стрелке – вентилятор правого вращения, против – левого.

Плотность воздуха при температуре t с

$$\rho = \rho_n * \frac{293}{(273 + t \text{ с})} \quad (\text{кг/м}^3)$$

$\rho_n = 1,205 \text{ (кг/м}^3)$ при 20 с

Давление прямо пропорционально плотности воздуха

Центробежный вентилятор состоит: из корпуса, рабочего колеса, электродвигателя имеет осевой подвод воздуха и радиальный отвод в нагнетательный патрубок. Лопasti рабочего колеса выполняются штампованными, рабочее колесо сварным, число лопастей составляет 20 – 60.

Вентиляторы выполняют с радиальными лопастями и лопастями загнутыми вперед, они создают в 2-3 раза больший напор, чем вентиляторы с лопатками загнутыми назад.

Характерной конструктивной величиной центробежного вентилятора является отношение выходного и входного диаметров рабочего колеса $D_2 / D_1 = 1.2 - 1.45$, радиальная длина лопасти $L_{л} = (0.084 - 0.16) D_2$.

Осевой вентилятор состоит: из цилиндрического корпуса, рабочего колеса, электродвигателя, имеет осевой подвод воздуха и осевой отвод в нагнетательный патрубок. Осевые вентиляторы являются вентиляторами низкого давления и применяются в системах с большим расходом воздуха.

Подачу вентилятора регулируют дросселированием на входе и выходе вентилятора или изменением частоты вала.

Первый способ регулирования нашел широкое применение ввиду его простоты и единственный в условиях, когда вентиляторы малых и средних размеров приводятся в действие асинхронными короткозамкнутыми электродвигателями. Второй способ требует электродвигателей с переменной частотой вращения.

Производительность вентилятора определяется в зависимости от объема помещения и его назначения

$$Q = kV(\text{м}^3/\text{ч})$$

k - коэффициент, показывающий смену объемов воздуха в час в зависимости от назначения помещения

$K = 40$ для аммиачных помещений

$K = 35$ для сварочных помещений

$K = 10$ для читальных залов, клубов.

Ход выполнения работы:

1. Разобраться по плакату с устройством центробежного вентилятора
2. Вычертить схему центробежного вентилятора и нанести на нее:
3. Z – число лопаток
4. D_1 - диаметр рабочего колеса на входе (мм)
5. D_2 - диаметр рабочего колеса на выходе (мм)
6. $L_{л}$ - радиальная длина лопасти (мм)
7. Указать направление движения воздуха через вентилятор.
8. Подобрать из каталога центробежный вентилятор : $p =$
 $Q_{в} =$ м³/ч и записать его марку и ттд.
9. Разобраться по плакату с устройством осевого вентилятора
10. Вычертить схему осевого вентилятора и нанести на нее:
11. Z – число лопаток
12. D_1 - диаметр рабочего колеса на входе (мм)
13. D_2 - диаметр рабочего колеса на выходе (мм)
14. $L_{л}$ - радиальная длина лопасти (мм)
15. Указать направление движения воздуха через вентилятор
16. .Указать способы регулирования производительности вентиляторов.

Содержание отчета:

1. Вычертить схему центробежного вентилятора и нанести на нее снятые размеры.
2. Указать на схеме путь воздуха через вентилятор.

3. Подобрать центробежный вентилятор и рассчитать его параметры, если известен объем помещения, его назначение и сопротивление газопроводов: 700, 900, 1200, 1400 мм вод ст
4. Выбрать вентилятор из каталога завода Тепломаш.
5. Вычертить схему осевого вентилятора и нанести на нее снятые размеры.
6. Указать на схеме путь воздуха через вентилятор и области применения осевых вентиляторов.
7. Объяснить, как регулируется производительность вентиляторов?

Контрольные вопросы:

1. Дать определение вентилятору.
2. Объяснить, какими параметрами характеризуется работа вентилятора?
3. Рассказать об устройстве центробежного вентилятора и его области применения.
4. Объяснить классификацию вентиляторов.
5. Объяснить устройство осевого вентилятора и области его применения.
6. Рассказать об явлении помпа в вентиляторах.
7. Объяснить, как регулируется производительность вентиляторов.
7. Рассказать о подготовке к пуску и пуску вентиляторов и обслуживании их во время работы.

Приложение №1















Высокопроизводительные центробежные вентиляторы Тепломаш низкого давления из нержавеющей стали монтируются в вентиляционных системах промышленных или жилых зданий. Относятся к агрегатам низкого давления, способных перемещать большие объемы воздуха, что обеспечивает нужное качество вентиляции в помещениях. Спирально поворотный корпус,









правое или левое вращение рабочего колеса, 12 лопаток, загнутых назад/вперед. Комплект виброизоляторов для каждой модели вентилятора приобретается отдельно! Гарантия – 1 год.





Цены на установку вентиляционных систем

Сортировать по цене Таблицей Картинками

Название	Мощность кВт	Вентиляция (м ³ /час)	Габариты ш/в/г	Цена руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 2.5 1500 0.18 из нержавеющей стали	0.2	400–900	47.9/51.2/4 8.1	2 463 руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 2.5 3000 0.55 из нержавеющей стали	0.6	800–1800	47.9/51.2/4 8.1	3 335 руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 2.5 3000 0.75 из нержавеющей стали	0.8	800–1800	47.9/51.2/4 8.1	4 553 руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 3.15 1500 0.37 из нержавеющей стали	0.4	760–2000	58.3/64.8/5 8	8 879 руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 3.15 1500 0.25 из нержавеющей стали	0.2	760–2000	58.3/64.8/5 8	8 879 руб.	

Название	Мощность кВт	Вентиляция (м³/час)	Габариты ш/в/г	Цена руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 3.15 3000 1.5 из нержавеющей стали	1.5	1600–4000	58.3/64.8/5 8	0 790 руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 3.15 3000 2.2 из нержавеющей стали	2.2	1600–4000	58.3/64.8/5 8	1 336 руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 4 1000 0.25 из нержавеющей стали	0.2	1200–2600	74.2/80.2/7 2.4	7 825 руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 4 1000 0.37 из нержавеющей стали	0.4	1200–2600	74.2/80.2/7 2.4	7 930 руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 4 1500 0.75 из нержавеющей стали	0.8	1800–4200	74.2/80.2/7 2.4	8 906 руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 4 1500 1.1 из нержавеющей стали	1.1	1800–4200	74.2/80.2/7 2.4	9 389 руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 4 3000 5.5 из нержавеющей стали	5.5	3700–9000	74.2/80.2/7 2.4	4 639 руб.	
Центробежный	0.8	2500–	91.6/96.5/8		

Название	Мощность кВт	Вентиляция (м³/час)	ш/в/г	Габариты	Цена	
вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 5 1000 0.75 из нержавеющей стали		5600	2.5		9 637 руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 4 3000 7.5 из нержавеющей стали	7.5	3700–9000	2.4	74.2/80.2/7	0 005 руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 5 1000 1.1 из нержавеющей стали	1.1	2500–5600	2.5	91.6/96.5/8	0 215 руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 5 1500 2.2 из нержавеющей стали	2.2	3800–8500	2.5	91.6/96.5/8	2 640 руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 5 1500 3 из нержавеющей стали	3	3800–8500	2.5	91.6/96.5/8	4 383 руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 6.3 1000 2.2 из нержавеющей стали	2.2	5000–11000	1/107.5	114.6/120.	2 989 руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 6.3 1000 3 из нержавеющей стали	3	5000–11000	1/107.5	114.6/120.	6 360 руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 6.3 1500 7.5 из нержавеющей стали	7.5	7500–17500	1/107.5	114.6/120.	2 397 руб.	

Название	Мощность кВт	Вентиляция (м ³ /час)	Габариты ш/в/г	Цена руб.	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 8 750 4 из нержавеющей стали	4	8000–17000	145.8/143.9/115.7	20351	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 8 1000 7.5 из нержавеющей стали	7.5	10000–24000	145.8/143.9/115.7	22325	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 10 750 7.5 из нержавеющей стали	7.5	15000–30000	181.2/180.9/133.7	19576	
Центробежный вентилятор Тепломаш ВЦ4 70 10 1000 18.5 из нержавеющей стали	18.5	20000–41000	181.2/180.9/133.7	37342	

Высокое качество работы центробежных вентиляторов Тепломаш низкого давления из нержавеющей стали достигнуто в результате постоянного совершенствования технологических процессов и применению в производстве агрегатов комплектующих только высокого качества. Все эти особенности подтверждаются наличием соответствующего сертификата. Менеджеры интернет магазина Aerostandard помогут Вам в выборе подходящего центробежного вентилятора из нержавеющей стали и в организации доставки прибора до объекта. Аналог вентиляторов Тепломаш ВЦ 4 75, ВР 80 75, ВР 80 70, ВР 86 77

Практическая работа № 25

Тема: Гидроприводы

Цели работы:

1. Изучить состав гидропривода объемного действия.
2. Изучить способы регулирования числа оборотов и мощности.

Оборудование :

1. Гидропривод неводовыборочной машины «Нерпа».
2. Штангенциркуль – 2 шт
3. Металлическая линейка – 2шт
4. МикроЭВМ
5. Конспект

Теоретическое обоснование.

Гидропривод – это замкнутая система, заполненная минеральным маслом, способным передавать усилия на большие расстояния. В ее состав входят: насосный агрегат, в котором электрическая энергия преобразуется в механическую, а механическая в насосе в энергию потока жидкости.

Энергия потока жидкости движется по трубопроводу к гидромотору, который преобразует энергию потока жидкости в механическую во вращение валов лебедок и механизмов, отработанная жидкость стекает в отстойную цистерну и через систему фильтров подается к насосу.

Объемный гидропривод работает на законе Паскаля, который гласит, что давление в замкнутом объеме жидкости во всех точках объема одинаково. На практике, для выполнения закона Паскаля необходимо выполнить два условия:

1. Жидкость должна быть однородной, не содержать воздуха, газов, примесей.

Для этой цели насосы, прямые участки трубопроводов, гидромоторы оборудуются пробками для выпуска воздуха. Всасывающий трубопровод оборудуется фильтрами грубой, тонкой очистки и магнитными фильтрами.

2. Скорость нарастания давления должна быть плавной.
Не выполнение этих условий ведет к гидроударам.

В гидроприводе три способа регулирования числа оборотов и мощности:

- 1 . Дроссельный способ, он прост, но неэкономичен, применяется в механизмах мощностью до 150 кВт, осуществляется за счет дроссельного клапана, который регулирует величину давления и количество жидкости, поступающей в гидромотор, при полностью открытом дроссельном клапане вся жидкость идет на слив и число оборотов гидромотора равно нулю, а насос в

это время работает.

2. Объемный способ регулирования осуществляется за счет применения насосов переменной производительности или при работе нескольких насосов, имеющих одинаковое давление, разную производительность.

3. Комбинированный способ, когда применяется дроссельный и объемный способ.

Реверс гидромоторов осуществляется за счет клапанов изменения направления движения жидкости на противоположное.

Защита гидропривода от перегрузок осуществляется за счет постановки предохранительно перепускных клапанов, соединяющих всасывающий и нагнетательный трубопроводы.

Ход выполнения работы.

1. Установить НВМ «Нерпа» для доступное для осмотра место.
2. Разобраться с приводом НВМ «Нерпа».
3. Изучить трубопроводы и клапана расположенные на них.
4. Найти дроссельный клапан и трубопроводы его соединяющие.
5. Разобраться с клапаном реверса и трубопроводами его соединяющим.

Содержание отчета.

1. Вычертить схему гидропривод неводовыборочной машины «Нерпа».
2. Стрелками указать путь масла через гидромотор.
3. Стрелками указать путь масла через дроссель.
4. Вычертить схему дросселя и объяснить принцип его работы.
5. Указать на схеме гидропривода, как осуществляется реверс – изменение направления вращения гидромотора.
6. Объяснить, почему в этом гидроприводе отсутствует предохранительно – перепускной клапан?

Контрольные вопросы:

1. Объяснить, состав гидропривода.
2. Расскажите о видах преобразования энергии в гидроприводе.
3. Объяснить требования, предъявляемые к маслам в гидроприводе.
4. Показать на гидроприводе НВМ «Нерпа» воздушные пробки.
5. Рассказать об устройстве и назначении дроссельного клапана.
6. Объяснить реверс на гидроприводе НВМ «Нерпа».

7. Объяснить, почему трубопроводы на гидроприводе НВМ «Нерпа» сделаны из шлангов?
8. Рассказать, как влияет попадание воздуха и падение вязкости масла на тягово – скоростные характеристики гидропривода.
9. Доказать преимущества гидропривода перед электроприводом.

Практическая работа № 25

Тема: Изучение конструкции гидромоторов.

Цели занятия:

Изучить:

1. основные параметры гидромоторов
2. конструкции гидромоторов низкого давления
3. устройство и область применения гидромоторов среднего давления
4. устройство и область применения гидромоторов высокого давления

Оборудование:

1. Шестеренчатый гидромотор
2. Лопастной гидромотор
3. Аксиально – плунжерный гидромотор
4. Радиально – плунжерный гидромотор

Теоретическое обоснование:

Гидромотор – это преобразователь гидравлической энергии в механическую, вращения вала или поступательного движения поршня. Чем выше давление в гидроприводе, тем меньше его весогабаритные показатели, тем больше его тягово – скоростные характеристики. В зависимости от давления в гидроприводе гидромоторы делятся на гидромоторы:

низкого давления $P \leq 1$ (МПа) – шестеренчатые
среднего давления $P = 1 - 5$ (МПа) – роторно – пластинчатые
высокого давления $P = 5 - 25$ (МПа) – аксиально и радиально плунжерные насосы.

Реверс гидромоторов осуществляется за счет клапанов изменения направления движения жидкости на противоположное.

Защита гидропривода от перегрузок осуществляется за счет постановки предохранительно перепускных клапанов, соединяющих всасывающий и нагнетательный трубопроводы.

Содержание отчета.

1. Вычертить схему шестеренчатого гидромотора:
2. Указать на ней направление вращения шестерен,
3. Замерить высоту и ширину зуба, определить площадь зуба,
 $a =$ (м), $b =$ (м), $F = a * b$ (м²)
4. Рассчитать усилие, создаваемое маслом на зуб шестерни, $P_m = 1$ (МПа)
 $K = F * P_m$ (Па)
5. Замерить расстояние от оси вращения до центра зуба – R (м),
6. Определить величину крутящего момента, создаваемого на один зуб шестерни
 $M_{кр} = K * R$ (нм)
7. Определить величину крутящего момента, создаваемого на зубья за один оборот шестерни
 $M_{кр ш} = M_{кр} * z = K * R * z$ (нм)
8. Вычертить схему лопастного гидромотора и указать на ней:
 - рабочие полости,
 - направление вращения,
 - число лопаток
 - как осуществляется тяговый и скоростной режим работы
9. Вычертить схему аксиально –плунжерного гидромотора и указать на ней:
 - количество плунжеров,
 - угол наклона корпуса,
 - принцип действия,
 - как осуществляется реверс и регулирование мощности.
10. Вычертить схему радиально –плунжерного гидромотора и указать на ней:
 - количество плунжеров,
 - принцип действия,
 - как осуществляется реверс и регулирование мощности

Контрольные вопросы:

1. Дать определение гидромотору.
2. Объяснить по какому параметру классифицируются гидромоторы?
3. Рассказать о причинах падения тягово – скоростных характеристик гидромоторов.
4. Объяснить, как защищаются гидромоторы от перегрузок?

5. Рассказать, как по внешнему виду определить, чем отличается аксиально –плунжерного насос от гидромотора?
6. Объяснить, в чем преимущества радиально –плунжерных гидромоторов перед аксиально –плунжерными гидромоторами.
7. Рассказать, как осуществляется реверс и регулирование мощности в аксиально – радиально плунжерных гидромоторах?

Критерии и шкала оценивания

<i>Оценка</i>	<i>Критерии оценки</i>
Отлично	студент обнаруживает систематическое и глубокое знание программного материала по дисциплине, умеет свободно ориентироваться в вопросе. Ответ полный и правильный на основании изученного материала. Выдвинутые положения аргументированы и иллюстрированы примерами. Материал изложен в определенной логической последовательности, осознанно, литературным языком, с использованием современных научных терминов; ответ самостоятельный. Студент уверенно отвечает на дополнительные вопросы.
Хорошо	студент обнаруживает полное знание учебного материала, демонстрирует систематический характер знаний по дисциплине. Ответ полный и правильный, подтвержден примерами; но их обоснование не аргументировано, отсутствует собственная точка зрения. Материал изложен в определенной логической последовательности, при этом допущены 2-3 несущественные погрешности, исправленные по требованию экзаменатора. Студент испытывает незначительные трудности в ответах на дополнительные вопросы. Материал изложен осознанно, самостоятельно, с использованием современных научных терминов, литературным языком.
Удовлетворительно	студент обнаруживает знание основного программного материала по дисциплине, но допускает погрешности в ответе. Ответ недостаточно логически выстроен, самостоятелен. Основные понятия употреблены правильно, но обнаруживается недостаточное раскрытие теоретического материала. Выдвигаемые положения недостаточно аргументированы и не подтверждены примерами; ответ носит преимущественно описательный характер. Студент испытывает достаточные трудности в ответах на вопросы. Научная терминология используется недостаточно.
Неудовлетворительно	выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине. При ответе обнаружено непонимание студентом основного содержания теоретического материала или допущен ряд существенных ошибок, которые студент не может исправить при наводящих вопросах экзаменатора, затрудняется в ответах на вопросы. Студент подменил научное обоснование проблем рассуждением бытового плана. Ответ носит поверхностный характер; наблюдаются неточности в использовании научной терминологии.

ПЕРЕЧЕНЬ БИЛЕТОВ К ЭКЗАМЕНУ

Дисциплина: «Термодинамика, теплотехника и гидравлика»

Специальность: 26.02.05 «Эксплуатация судовых энергетических установок»

Курс II, семестр 3 (очное отделение)

Билет № 1

1. Изложить понятия и определения теплоемкости.
2. Перечислить виды гидравлических сопротивлений, их расчет и учет на практике.
3. Перечислить виды потоков, их основные параметры, уравнение неразрывности – сплошности потока.

Билет № 2

1. Изложить понятия изохорной и изобарной теплоемкостей. Объяснить какими параметрами они связаны между собой, как определяются.
2. Объяснить режимы движения жидкости и почему Морской Регистр судоходства ограничивает скорости движения жидкости во всасывающих и нагнетательных трубопроводах?
3. Показать на модели устройство и принцип действия центробежного насоса, объяснить правила эксплуатации.

Билет № 3

1. Объяснить, как определяются теплоемкости газовых смесей?
2. Объяснить явление кавитации в трубопроводах и гидросооружениях, способы ее устранения.
3. Рассказать, для какой цели колеса центробежных насосов соединяются последовательно и параллельно.

Билет № 4

1. Сформулировать уравнение первого начала термодинамики, выразить его математически.
2. Назвать назначение, состав и виды трубопроводов, исходные данные для их расчета.
3. Объяснить причины создания много цилиндровых поршневых насосов. Устройство и принцип действия электрического четырех цилиндрового поршневого насоса.

Билет № 5

1. Изложить физическую сущность внутренней энергии рабочего тела. Сформулировать закон Джоуля и пояснить, почему она является параметром состояния?
2. Объяснить, какой механизм называется насосом, его параметры. Виды насосных установок.
3. Объяснить, какие насадки называются соплами, какие диффузорами. Изобразить на $P - V$ процесс истечения пара через сопло

Билет № 6

1. Объяснить, как на $p-v$ диаграмме определяется работа изменения объема рабочего тела и почему она является функцией процесса.
2. Изобразить прямой цикл Карно на $p-v$ и $T-s$ диаграммах. Объяснить из каких термодинамических процессов состоит прямой цикл Карно, как определяется термический КПД.
3. Определить с помощью ареометра в каком сосуде находится вода, электролит, тосол и его плотность.

Билет № 7

1. Сформулировать определение сущности теплоты, как одной из форм движения материи. Изложить закон Р. Майера эквивалентности между теплотой и работой и выразить его математически.
2. Объясните по модели устройство, принцип действия и область применения аксиально – плунжерного насоса.
3. Пояснить особенности теплопередачи через многослойную стенку.

Билет № 8

1. Объяснить, как на $p-v$ диаграмме определяется работа изменения давления рабочего тела. Сформулировать определение энтальпии и объяснить, почему она является функцией состояния?
2. Объясните по модели устройство и принцип действия шестеренчатого насоса низкого давления.
3. Дать определение теплообменному аппарату, привести классификацию и объяснить уравнение теплопередачи для теплообменного аппарата.

Билет № 9

1. Сформулировать понятия термодинамических процессов идеальных газов, Объяснить какие процессы являются обратимыми, а действительные процессы являются необратимыми.
2. Объясните по модели устройство и принцип действия шестеренчатого насоса высокого давления.
3. Отобразить термодинамический цикл ДВС со смешанным подводом теплоты на $p-v$ и $T-s$ диаграммах. От каких параметров зависит термический к.п.д. цикла.

Билет № 10

1. Сформулировать определение изохорного процесса. Воспроизвести процесс в $p-v$ и $T-s$ диаграммах. Описать вывод формулы для определе-

ния теплоты, работы и внутренней энергии в изохорном процессе.

2. Объяснить свойства много вальных винтовых насосов на примере 3 –х вального винтового насоса.

3 . Отобразить термодинамический цикл ДВС с изохорным подводом теплоты на P - v и T - s диаграммах. От каких параметров зависит термический к.п.д. цикла.

Билет № 11

1. Сформулировать определение изобарного процесса. Воспроизвести процесс в p - v и T - s диаграммах. Описать вывод формулы для определения теплоты, работы и внутренней энергии в изобарном процессе.
2. Расскажите об устройстве и эксплуатации роторно – пластинчатх насосов и области их применения.
3. Виды паров, изобразите их получение на p - v диаграмме.

Билет № 12

1. Сформулировать определение изотермического процесса. Воспроизвести процесс в p - v и T - s диаграммах. Описать вывод формулы для определения теплоты, работы и внутренней энергии в изотермическом процессе.
2. Объясните по модели устройство и принцип действия центробежного насоса.
3. Перечислить виды вязкости жидкости, их зависимость от температуры, давления, наличия газов и приборы для их измерения.

Билет № 13

1. Сформулировать понятие политропные процессы. Воспроизвести процессы в $p-v$ диаграмме.
2. Расскажите для каких целей колеса центробежного насоса соединяются параллельно и последовательно*
3. Пояснить, как протекает процесс передачи теплоты теплопроводностью в твердой стенке. Сформулировать и дать математическое выражение закона Фурье .

Билет № 14

1. Изобразить теоретический цикл Ренкина в диаграмме $p-v$ и проанализировать термический КПД.
2. Объяснить, чем отличается запуск центробежного насоса от поршневого?
3. Пояснить, что такое конвективный теплообмен? Назвать, от каких факторов зависит коэффициент теплоотдачи.

Билет № 15

1. Изобразить цикл Карно для теплового двигателя в $p-v$ диаграмме и проанализировать термический КПД
2. Рассказать по модели устройство и принцип действия эжектора и его области применения.
3. . Пояснить особенности теплопередачи через многослойную стенку.

Билет № 16

1. Изобразить цикл Карно для холодильной машины в $p - v$ и $t - s$ диаграмме и проанализировать холодильный КПД.
2. Показать на плакате устройство и принцип действия центробежного вентилятора объяснить параметры и области применения.
3. Объяснить, что такое - гидростатическое давление, его свойства и приборы для его измерения.

Билет № 17

1. Объяснить устройство и рабочий процесс идеального многоступенчатого компрессора в $p-v$ диаграмме.
2. Объяснить устройство и принцип действия осевого вентилятора, его параметры и области применения.
3. Объяснить, почему при приемке топлива на судне нельзя заполнять воздушные и мерные трубы цистерн двойного дна?

Билет №18

18 Изложить физическую сущность внутренней энергии рабочего тела. Сформулировать закон Джоуля и пояснить, почему она является параметром состояния?

1. Рассказать о составе гидропривода, видах преобразования энергии в нем, способах регулирования мощности и преимуществах перед электроприводом.
2. Рассказать о расположении и назначении механизмов кошелькового лова на судах.

Билет № 19.

1. Сформулировать закон Дальтона для смеси идеальных газов и дать определение для приведенного объема.
2. Объяснить устройство и принцип действия шестеренчатого гидромотора, его основные параметры.
3. Пояснить, в чем разница между идеальным и реальным компрессорами.

Билет № 20.

1. Дать определение теплообменному аппарату, привести классификацию и объяснить уравнение теплопередачи для теплообменного аппарата.
2. Рассказать о требованиях, предъявляемых к жидкостям в гидроприводах и эксплуатации гидроприводов.
3. Объяснить уравнение Бернулли для реальной жидкости. Понятие теряемого напора, способ измерения на практике.

Билет № 21

1. Описать вывод уравнения, связывающего между собой одновременно три параметра состояния идеального газа. Объяснить физический смысл газовой постоянной.
2. Сформулировать закон Паскаля, устройство и расчет гидропресса, применение гидропрессов на судах.
3. Рассказать, для какой цели колеса центробежных насосов соединяются последовательно и параллельно.

Билет № 22

1. Описать вывод уравнения Менделеева для идеальных газов.
2. Назвать виды потоков жидкости и их основные параметры.
3. Изложить способы переноса теплоты в пространстве и способы теплообмена.

Билет № 23

1. Дать определение давлению, его видам, связь между единицами измерения.
2. Изложить уравнение неразрывности, сплошности потока и его следствие
3. Отобразите на $p-v$ и $T-s$ диаграмме цикл Карно одноступенчатой компрессорной холодильной установки.

Билет № 24

1. Объяснить, какими показателями характеризуется состав смеси.
2. Объяснить устройство и область применения одновального винтового насоса.
3. Объяснить уравнение Бернулли для идеальной жидкости и три его смысла

Билет № 25

1. Сформулировать определение идеального газа, рабочего тела и термодинамической системы.
2. Отобразите на $p-v$ и $T-s$ диаграмме цикл паровой компрессорной холодильной установки с сухим ходом компрессора.
3. Объяснить устройство шестеренчатого насоса высокого давления

Билет № 26

1. Сформулировать определения основным параметрам состояния рабочего тела.
2. Объяснить устройство и назначение гидрофора на судах и правила его эксплуатации.
3. Объяснить устройство и принцип действия приборов для измерения плотности жидкости, правила их эксплуатации.

Билет № 27

1. Объяснить устройство и принцип действия приборов для измерения вязкости жидкости.
2. Показать на модели устройство и принцип действия аксиально – плунжерного насоса переменной производительности.
3. Пояснить, что такое радиационный теплообмен?

Билет № 28

1. Сформулировать определение идеального газа, рабочего тела и термодинамической системы.
2. Объяснить уравнение Бернулли для реальной жидкости и суть теряемого напора.
3. Объяснить, что такое характеристика трубопровода, их виды, факторы, влияющие на них..

Билет № 29

1. Сформулировать определения основным параметрам состояния рабочего тела.
2. Назвать назначение, состав и виды судовых трубопроводов, исходные данные для их расчета.
3. Объяснить причины возникновения осевых усилий в центробежных насосах и способы их устранения.

Билет № 30

1. Объяснить, что является рабочим телом в тепловых двигателях?
2. Объяснить, почему Морской Регистр судоходства ограничивает скорости движения жидкости во всасывающих и нагнетательных трубопроводах?
3. Пояснить, почему перегрев пара повышает термодинамический к.п.д. цикла Ренкина.

Преподаватель

Юрченко М.А.

Рассмотрен на заседании методической комиссии преподавателей _____ дисциплин _____ общепрофессионального _____ и _____ судомеханического цикла

Протокол от «___» _____ 2023 г. № _____

Председатель МК _____

Е.В. Колоянов

